

Swiss Olympic

Science Award 2024

Book of posters

Avant-propos

A l'aide de l'instrument de promotion «Sciences du sport», Swiss Olympic soutient les sciences du sport appliquées au sein des fédérations sportives nationales avec un montant annuel de CHF 1,5 million. En plus de ce soutien, une multitude d'autres organisations investissent des ressources humaines et financières dans les sciences du sport appliquées et ainsi dans le sport de performance. En remettant le Swiss Olympic Science Award (SOSA), Swiss Olympic entend offrir une plateforme à ces fédérations, à ces organisations et à ces personnes afin de les mettre en lumière, de même que leurs projets. Pour ce faire, la manifestation fait la part belle aux échanges entre les spécialistes en sciences du sport et les entraîneurs et au transfert de connaissances. Le Swiss Olympic Science Award est décerné une fois par an, à l'occasion des Journées des entraîneurs Macolin (JEM). Les candidats soumettent leur projet sous la forme d'un poster scientifique.

Cette année, 17 projets dans le domaine des sciences appliquées en rapport avec le sport d'élite et le sport de performance de la relève suisses ont été déposés. 16 projets ont été retenus. 50 % des premiers auteur ont rédigé leur poster en allemand, 44 % en anglais et 6 % en français. Un quart des projets ont été conduit par des femmes ou des équipes mixtes, 75% par des hommes. Les 23 institutions impliquées apparaissent sur l'illustration qui figure à la page suivante.

Un jury composé de collaboratrices et de collaborateurs scientifiques de Swiss Olympic a évalué l'ensemble des posters en fonction de leur caractère scientifique et de leur pertinence pratique pour les entraîneurs. Dans ce cadre, le jury a sélectionné dix posters qui seront présentés aux entraîneurs et soumis au vote lors des JEM. La nouveauté de cette année est l'introduction d'un jury de la finale, qui a pour but de mettre en avant la qualité intrinsèque des posters pour le classement final. Ce nouveau jury est composé de la cheffe des sciences du sport de Swiss Olympic, d'un représentant de la formation des entraîneurs Suisse, ainsi que d'un membre du comité de la Société suisse des sciences du sport. Le classement du vote des entraîneurs et le classement du jury de la finale comptent chacun pour 50% (classement des entraîneurs prime en cas d'égalité) pour établir le classement final. Les trois premiers projets de ce classement final seront récompensés par un «Swiss Olympic Science Award».

Le Book of Posters contient les 16 posters retenus pour cette édition du SOSA, mis à la disposition de toutes les personnes intéressées sur le [site Internet de Swiss Olympic](#).

Nous remercions l'ensemble des scientifiques participants et des institutions impliquées pour leur engagement en faveur du sport de performance et du sport de la relève suisses, ainsi que pour leur précieuse contribution au Book of Posters.

Ittigen, octobre 2024



Sarah Geboltsberger
Responsable Sciences du sport



Lionel Castella
Responsable «Swiss Olympic Science Award»

Institutions participants

Swiss Sailing Team

Swiss Rowing Team, Sarnen

University of Fribourg

ETH Zurich, Institute of Human Movement Sciences and Sport

Kantonschule Alpenquai Luzern

Universität für Bodenkultur, Wien

Swiss Sailing - Service Sport Santé UNIL and EPFL

SC Rapperswil-Jona Lakers Ice Hockey Club

Fachhochschule Graubünden (FHGR), Chur

Ostschweizer Fachhochschule (OST), Buchs

OST - Eastern Switzerland University of Applied Sciences, Department Health, Physiotherapy, St.Gallen

Institut für Sportwissenschaft, Universität Bern

Bern University of Applied Sciences, Health, Physiotherapy

EHSM Eidgenössische Hochschule für Sport Magglingen

DSBG Universität Basel, Departement für Sport, Bewegung und Gesundheit

Instituto per le Applicazioni del Calcolo (IAC-CNR), Roma

Swiss-Ski, Department of Research and Development

Haute Ecole d'Ingénierie et de Gestion du Canton de Vaud (HEIG-VD), Yverdon-les-Bains

Schweizerischer Fussballverband SFV

Departement Biomedical Engineering, Universität Basel

AC&T Sport Consulting, Lausanne

Rowing Club Erlenbach

Swiss Athletics

Sommaire

Smart Baton: comment les données peuvent permettre d'optimiser la transmission du relais	1
Différence de force entre athlètes non blessés et athlètes ayant suivi une rééducation après une lourde blessure à un membre inférieur	2
Utiliser la méthode douce mais ferme: une garantie de succès?	3
Suivi multiparamétrique par IA de la récupération en hockey sur glace de haut niveau	4
L'intelligence de jeu dans la relève du football: emploi d'une grille d'observation en 4 contre 4	5
Analyse d'un questionnaire pour le monitoring de la charge et de la récupération chez les athlètes féminines en ski alpin - temps perdu ou outil utile pour le monitoring?	6
AI-Racer: sur le podium des courses de ski alpin grâce à la réalité virtuelle et à l'intelligence artificielle	7
Analyse séquentielle des descentes de la Coupe du monde féminine de ski alpin 2023/2024	8
Relevez la tête, les filles! De meilleures performances grâce au scanning dans le football féminin junior	9
Méthodes pour donner du feed-back dans le domaine de la relève en ski alpin	10
Plus de projets	11

Smart Baton: data-driven relay hand-off optimisation

Andri Feldmann^{1,3}, Noah Meierhans², Bertrand Dutoit², Daniel Debrunner², Daniel Baumgartner¹, Louis Heyer¹

¹Swiss Athletics, ²Bern University of Applied Sciences, ³University of Bern

Keywords: Relay, Athletics, Sprint, Smart Device, Hand-off, 4x100m



Introduction

The average difference between first and second place in the men's 4x100m relay at world championships over the past five years has been 0.254s (SD = 0.24s). The average difference between first and second place for the men's 100m is 0.046s (SD = 0.049s). What does this information tell us? The potential individual gains to be had in a single 100m race is extremely hard to come by. Improving a personal best by 0.01s at an elite level is very difficult and requires dedication and focused training. Improving four athletes sprint time by these kinds of margins is in itself a daunting task, in particular to have this happen congruently, and this still does not close the gap between first and second place in the 4x100m relay. This means the majority of gains in a 4x100m relay is not in the individual athletic performance but in the hand-off optimisation of the team. The purpose of this project was to develop a novel Smart Relay Baton with incorporated sensors to measure baton angle and athlete hand placement and use this tool to evaluate and optimise relay team hand-offs.

ACTION



Method

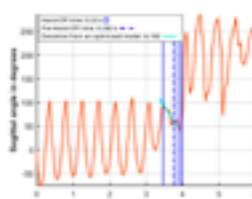


Fig. 2 Angle versus time chart for a 20m Baton hand-off with KPI indicators from the Smart Baton.

Data was collected during an official men's u20 4x100m relay practice looking at nine hand-offs between different athletes. The following KPIs (Fig. 2) were generated from the Smart Baton and analysed in relation to a five-point expert scale from *BAD* to *VERY GOOD*. In the data collection no hand-offs were evaluated as very good.

- Hand-Off time: Time between first detection of both athlete's hands on the Baton and detected release of first athlete's hand.
- Pre-Hand-Off time: Time before first touch of second athlete's hand on the Baton backwards to final arm swing turnaround.
- Deviation from an optimised model: Standard deviation of the residuals from linear fit of the final arm swing to hand-off.

Equipment and Development

The project is a collaborative effort between Swiss Athletics, Swiss Olympic and the Bern University of Applied Sciences (BFH). The project started in 2021 and was executed in a multistage approach from development and prototyping to the culmination with an in-field data collection ending the project in 2024.



Fig. 1 Internal components and Smart Baton design.

Smart Baton Specifications (Fig. 1):

- a 3D print prototype: Acrylonitrile styrene acrylate (ASA) body and Polylactic Acid (PLA) interior structure
- Length 297mm
- Diameter 40mm
- Weight 110g
- Flex printed circuit board (PCB) touch sensor interface with 14 sensor panels
- Integrated IMU
- USB-C interface and charging
- 3hrs battery life, 2.5hrs charging time
- Wi-Fi module for data transmission (90Hz)

The IMU and the touch sensor interface is used to derive primary and secondary key performance indicators (KPI) including hand-off time, baton angle in the sagittal and transverse plane. Key focus was placed in design and weight management to match an official baton as closely as possible. World Athletics standards of weight min. 50g, Avg. \approx 60g; length 280-300mm; diameter 40mm.

Results and Conclusion

The nine hand-offs evaluated for the pre-defined KPIs resulted in significant relationship between Pre-Hand-Off time and Quality Rating (Fig. 4) with a large effect size ($r = 0.703$, $p = 0.036$). The other two KPIs yielded no significant results. Hand-Off time showed no notable relationship to Quality Rating. Optimised Standard Deviation from a model (Fig. 3) showed a small effect size ($r = 0.255$), however qualitative analysis shows potential for strong outliers which in the case of a larger data collection could be accounted for. In addition, no hand-off was rated as very good therefore a considerable analysis gap exists.

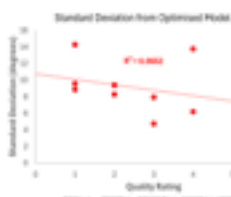


Fig. 3 Relationship plot between Standard Deviation from an optimised model and expert quality rating of a Baton hand-off.

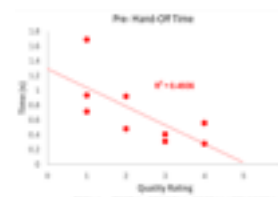


Fig. 4 Relationship plot between Pre-Hand-Off time and expert quality rating of a Baton hand-off.

Both the Pre-Hand-Off time and the Optimised model suggest that Quality rating is linked to a smooth but rapid transition of arm-swing during the sprint and Baton hand-off. The results presented are exploratory and the statistical analysis greatly underpowered and should be evaluated as such. Nonetheless, the results present viability for further technological and tool development, and secondly potential lanes of inquiry for larger data collections.

So What!?

The purpose of the Smart Baton is to act as a rapid response unit to provide both quick and actionable information during training, for example specific hand-off times.

Furthermore, it can provide analysis groundwork to both inform the coach's eye and improve relay tactics and techniques.

Strength Differences Between Athletes After Rehabilitation of a Severe Lower Extremity Injury and Non-injured Athletes

A Study of High-Level Alpine Ski Racers

Simon Trachsel ^{1,3}, Björn Bruhin ², Heiner Baur ³, Klaus Hübner ¹

¹Federal Office of Sport, Department of Elite Sport, Magglingen, Switzerland

²Swiss-Ski, Department of Research and Development, Worb, Switzerland

³Bern University of Applied Sciences, Health, Physiotherapy, Bern, Switzerland

Keywords

Alpine skiing, severe injury, return to sport, maximal and explosive strength

References

[1] Alhammoud et al. Scand J Med Sci Sports. 2020
 [2] Cross et al. Scand J Med Sci Sports. 2021
 [3] Ferland et al. J Strength Cond Res. 2018
 [4] Gokeler et al. J Exp Orthop. 2022

[5] Hübner. Universität Leipzig. 2009
 [6] Maier et al. https://www.swissolympic.ch
 [7] Jordan et al. Front Sports Act Living. 2022
 [8] Hunter et al. Med Sci Sports Exerc. 2023

Introduction

- ▶ Maximal strength (F_{max}) & explosive strength (P_{max}): performance-relevant strength profiles in alpine skiing [2,3]
- ▶ Alpine skiing: high risk for severe injury (38.3 per 100 athletes per season, from those injuries 68% affect lower extremity) [1]
- ▶ Return to sport (RTS) test, similar to sport-specific performance testing, recommended [4]
- ▶ Study Aim: support or refute subjective observations to improve the criterion-based decision-making process for RTS

Research question

- ▶ Do maximal and explosive strength differences exist in high-level alpine skiers after returning from lower extremity injury compared to non-injured skiers?

Follow-up questions:

- ▶ Do maximal and explosive strength values improve at the same rate during rehabilitation?
- ▶ Do restoration rates of maximal and explosive strength characteristics differ between males and females?

Methods

- ▶ 56 data sets
- ▶ Injury survey from 2018 to 2023
- ▶ Post-injured (p_INJ) (n = 24), non-injured (n_INJ) (n = 32)
- ▶ Retrospective analysis of group means from routine performance testing [5,6]
- ▶ Relative F_{max} in two different squat positions (F_{max_70}, F_{max_100})
- ▶ Relative P_{max}, squat jump (SJ) and countermovement jump (CMJ) with 0% and 100% additional load
- ▶ Two measurements: before injury (T1), after athletes' RTS (T2)
- ▶ Group comparison of n_INJ & p_INJ at T1 and T2 as well as comparison of performance by sex

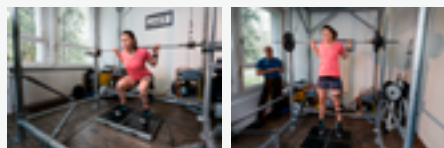


Fig. 1 & 2: Measurement of the bilateral isometric squat in the low position with 70° knee flexion on the force plate with a fixed bar. Explosive strength test with additional load.

So What

These results contribute to the improvement of rehabilitation after lower extremity injuries and prevention.

Results

Comparison of non-injured versus post-injured athletes after return to sport at T2:

Parameter	Group	n	N/kg, W/kg	SD	p	ES (r)	Difference
F _{max_70}	n_INJ	32	26.4	± 2.2	0.072	0.29	- 3.8%
	p_INJ	23	25.4	± 2.7			
F _{max_100}	n_INJ	32	37.7	± 4.7	0.191	0.21	- 5.3%
	p_INJ	22	35.7	± 3.6			
SJ_P _{max_0}	n_INJ	31	53.8	± 9.3	0.21	0.20	- 5.7%
	p_INJ	23	50.7	± 7.8			
SJ_P _{max_100}	n_INJ	28	48.1	± 8.0	0.02*	0.38	- 10.3%
	p_INJ	21	43.1	± 6.4			
CMJ_P _{max_0}	n_INJ	31	58.8	± 10.2	0.02*	0.38	- 10.0%
	p_INJ	23	52.9	± 8.2			
CMJ_P _{max_100}	n_INJ	29	51.7	± 7.6	0.04*	0.35	- 8.5%
	p_INJ	21	47.3	± 6.5			

Tab. 1: Descriptive data for each measurement parameter at T2 with the number (n), mean in relative values (N/kg or W/kg) and standard deviation (SD). Statistical results of group comparison. The significant differences, indicated by an asterisk and a value of p < 0.05, are highlighted and accompanied by the effect size (r).

Comparison of non-injured versus post-injured athletes before injury at T1:

Parameter	Group	n	N/kg, W/kg	SD	p	ES (r)	Difference
F _{max_70}	n_INJ	32	26.2	± 2.3	0.02*	0.36	- 4.1%
	p_INJ	24	25.1	± 2.5			
F _{max_100}	n_INJ	29	37.5	± 4.4	0.435	0.13	- 2.9%
	p_INJ	21	36.4	± 4.1			
SJ_P _{max_0}	n_INJ	32	54.0	± 7.2	0.16	0.23	- 4.2%
	p_INJ	23	51.7	± 6.7			
SJ_P _{max_100}	n_INJ	26	49.1	± 6.1	0.05*	0.36	- 7.7%
	p_INJ	17	45.3	± 6.9			
CMJ_P _{max_0}	n_INJ	32	58.3	± 8.5	0.09	0.27	- 6.0%
	p_INJ	23	54.8	± 7.3			
CMJ_P _{max_100}	n_INJ	29	52.3	± 6.2	0.04*	0.39	- 7.8%
	p_INJ	17	48.2	± 7.4			

Tab. 2: Descriptive data for each measurement parameter at T1 with the number (n), mean in relative values (N/kg or W/kg) and standard deviation (SD). Statistical results of group comparison. The significant differences, indicated by an asterisk and a value of p < 0.05, are highlighted and accompanied by the effect size (r).

Sex-specific performance differences at T2:

- ▶ F_{max}: F_{max_70} 7.8 – 13.8% lower in female as compared to male (p = 0.001 – 0.03, r = 0.44 – 0.80) (more pronounced effect for p_INJ)
- ▶ P_{max}: all P_{max} values (SJ & CMJ) 13.5 – 19.6% lower for females (p = 0.002 – 0.025, r = 0.54 – 0.82)

Discussion

- ▶ No group differences in all F_{max} measurements: as expected, examination after completion of rehabilitation, according to current guidelines [4]
- ▶ Persistent, lower values of P_{max} of p_INJ for the heavier loads in the SJ and all loads in the CMJ in a meaningful range, partial expected according to current literature [7]
- ▶ Main finding: A chronological order of recovery of performance-relevant strength values after return from a severe lower limb injury (group comparison at T2):

Maximal strength (F_{max})

Explosive strength (P_{max_SJ})

Explosive strength (P_{max_CMJ})

- ▶ Meaningful lower P_{max} values in highly loaded SJ and CMJ at T1: Unexpected finding, should be considered in preventive counseling
- ▶ Male and female restored strength abilities to a similar degree after injury
- ▶ Female generally appear less explosive than male for a given F_{max} [8]

Conclusions

- ▶ Differences in performance-relevant strength parameters exist between non-injured and post-injured elite alpine skiers after return to sport following severe lower extremity injury.
- ▶ These differences are meaningful and pronounced for explosive strength.
- ▶ Athletes who would later suffer a severe lower extremity injury demonstrated lower maximal and explosive strength before the injury.
- ▶ Sex differences in maximal and explosive strength between male and female athletes after returning to competitive sport are similar to non-injured athletes.

TOUGH LOVE - als Erfolgsgarant?

Wie Jugendspieler ihr soziales Umfelds (Eltern & Trainer*innen) wahrnehmen, kann das Fussball Leistungsniveau im Erwachsenenalter vorhersagen!

u^b

b
UNIVERSITÄT
BERN

Philipp Koch¹, Claudia Zuber¹, Jürg Schmid¹, Achim Conzelmann¹, Matthias Medl² & Bryan Charbonnet¹

¹Institut für Sportwissenschaft, Universität Bern; ²Universität für Bodenkultur, Wien

Kontakt | koch.philipp@unibe.ch

Keywords: Talententwicklung / Coach / Eltern / optimales Umfeld / Juniorenfussball

SO!? WHAT

- 4 Spielertypen wurden in Bezug auf ihre Umfeldwahrnehmung während der Jugend (U13 und U14) identifiziert
- Spielertypen, die sich während dieser Phase gut unterstützt, aber auch stark gefordert fühlen, haben eine höhere Chance Profi zu werden
- Die Wahrnehmung des sozialen Umfelds sollte regelmässig überprüft werden, um eine gute Balance aus Fordern und Fördern zu erzielen

INTRO 01

Trotz der anerkannten Bedeutung von Eltern und Trainer*innen in der Talententwicklung (Côte et al. 2014; Henriksen & Stambulova 2023), wird die Kombination aus beiden im Nachwuchsleistungssport derzeit noch wenig untersucht. Oft fokussiert sich die Forschung auf den separaten Einfluss beider und zeigt meist lineare positive Effekte des sozialen Umfelds auf die Talententwicklung (Reeves et al. 2018). Zum Beispiel: je höher die Unterstützung, desto besser für bestimmte Talentkriterien. Allerdings können verschiedene Spieler*innen dasselbe Verhalten unterschiedlich wahrnehmen und darauf reagieren. Deshalb wollen wir mit einem personorientierten Ansatz stärker auf die Individualität von Spieler*innen eingehen. In dieser Studie untersuchen wir, wie unterschiedliche Spielertypen ihr soziales Umfeld unterschiedlich wahrnehmen und was dies für ihren Entwicklungsweg bedeutet.

METHODE 03

109 Fussballtalente (männlich) / JG 1999

Testung 1 (t₁) 2011 (U13) Testung 2 (t₂) 2012 (U14)

Fragebogen über Wahrnehmung von:
Eltern - Parental Involvement in Sports (Lee&McLean 1997)
Trainer*innen - Leadership Scale for Sport (Chelladurai and Saleh 1980)

Fussball Leistungsniveau - 2023
Profi* oder Nicht-Profi
*2. SUI Liga oder höher

Cluster Analyse (LICUR; Bergman et al., 2003)
Identifikation von Spielertypen und Assoziationen mit dem Leistungsniveau im Erwachsenenalter

FRAGE 02

- A. Welche Spielertypen lassen sich anhand ihrer Umfeldwahrnehmung (Eltern und Trainer:innen) identifizieren?
B. Inwiefern unterscheiden sich die Spielertypen anhand ihrer Chance, später Profi zu werden?

RESULTATE 04

Vier Typen von Spielern - hier farblich dargestellt - wurden identifiziert. Typ Rot empfindet sein Umfeld als neutral. Typ Orange empfindet sein Umfeld als kontrollierend. Typ Gelb empfindet sein Umfeld als Autonomie unterstützend. Typ Grün empfindet sein Umfeld als fordernd aber unterstützend und wurde hier unter dem Begriff "tough love" zusammengefasst.

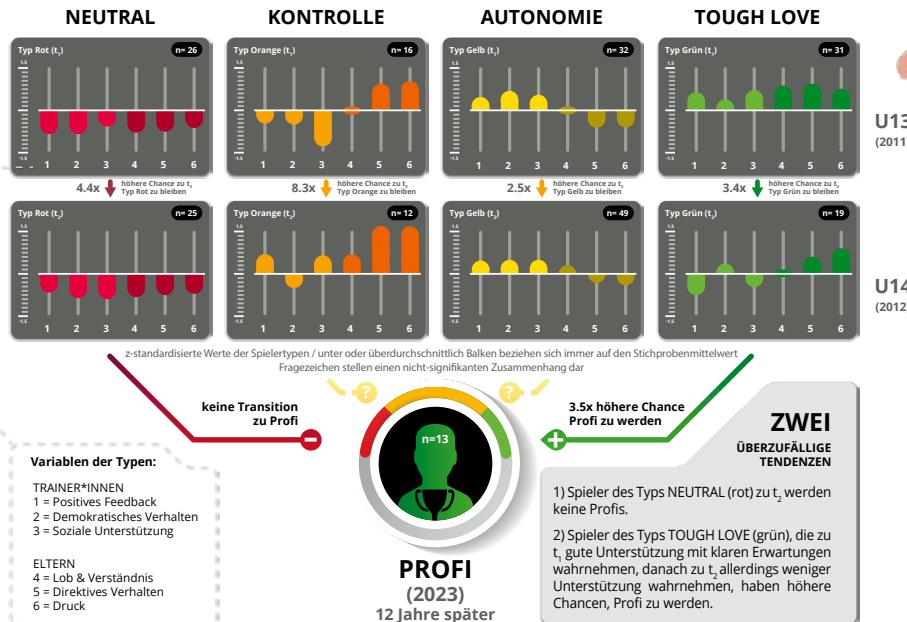


Abbildung 1: Identifizierte Spielertypen und ihre Entwicklungswege über zwei Messzeitpunkte (U13 & U14) zum Profi Status im Erwachsenenalter.

FAZIT 05

Es lassen sich vier Spielertypen anhand ihrer Umfeldwahrnehmung (Eltern und Trainer*innen) in der Jugend (U13 & U14) identifizieren. Zwölf Jahre später kann festgestellt werden, dass ihre Chancen Profi zu werden unterschiedlich sind. Dies unterstreicht, dass die subjektive Wahrnehmung einen maßgeblichen Einfluss auf die sportliche Entwicklung hat. Besonders die Kombination aus fordernden und fördernden Elementen scheint bei dem Spielertyp TOUGH LOVE erfolgsversprechend zu sein und wird in aktueller Literatur zu Leadership als sinnvoll erachtet, um die Herausforderungen des Spitzensports zu bewältigen (Bass & Rigio, 2006; Taylor et al., 2022). Allerdings ist es NICHT der hohe Druck und starre Vorgaben, die zum Erfolg führen, sondern die sehr spezifische Kombination von fordernden und fördernden Verhaltensweisen zu einem sehr spezifischen Entwicklungszeitpunkt.

Literaturverzeichnis:

Bass, B. M. & Rigio, R. E. (2006). Transformational leadership (second edition). L. Erlbaum Associates.
Bergman, L. R., Magrasson, D., & El-Khour, B. M. (2003). Studying individual development in an interindividual context: A person-oriented approach (Vol. 4). Erlbaum.
Côte, J., Turnidge, J., & Evans, M. B. (2014). The dynamic process of development through sport. *Kinesiology Slovaca*, 20(3), 14.
Henriksen, K., & Stambulova, N. (2023). The social environment of talent development in youth sport. *Frontiers in Sports and Active Living*, 5, 1127151. <https://doi.org/10.3389/fspor.2023.1127151>
Reeves, M. J., McRobert, A. P., Entwistle, M. A., & Roberts, S. J. (2018). A scoping review of the potential ecological predictors of talent in junior elite football 2009-2016. *Soccer & Society*, 19(9), 1085-1105.
Taylor, J., Ashford, M., & Collins, D. (2022). Tough love-impairful, caring coaching in psychologically unsafe environments. *Sports (Basel, Switzerland)*, 10(6), 83. <https://doi.org/10.3390/sports10060083>

<https://www.linkedin.com/in/philipp-koch-698726267>



Wir danken dem SFV für die Zusammenarbeit



AI-based multiparametric recovery monitoring in elite ice hockey

Eggenberger, Patrick^{1,2}; Buffat, Nadine¹; Brunner, Emanuel¹; Gubler, Raphael²; Weber, Thomas³

¹ OST – Eastern Switzerland University of Applied Sciences, Department Health, Physiotherapy, St.Gallen; ² ETH Zurich, Institute of Human Movement Sciences and Sport, Zurich;

³ SC Rapperswil-Jona Lakers Ice Hockey Club

Key words: recovery monitoring, overtraining syndrome, ice hockey, artificial intelligence, countermovement jump, heart rate variability, executive function, body temperature



SO WHAT?!

- 10–30% of youth and adult high-level athletes experience overtraining throughout their career (1).
- Measuring multiple parameters in combination is necessary for accurate picture of athletes' recovery state.
- Measurements are easy to assess, low-cost, and only last 10–20 minutes.



THE PROBLEM

Overtraining syndrome (OTS) is characterized by reduced athletic performance over 3–4 weeks up to months. Concurrent symptoms include:

- mood and sleep disturbances, feelings of depression,
 - increased perceptions of effort, respiratory tract infections,
 - loss of appetite, unexplained weight loss, and others (2,3).
- Currently, no reliable measurement system exists for prevention and early diagnosis of OTS (4).



OUR AIM AND HYPOTHESIS

Develop accurate, time- and cost-efficient measurement systems for recovery monitoring in athletes. We hypothesize that multiparametric measurements predict subjective recovery state with high accuracy (i.e., area under curve, AUC>0.8).

METHODS



25 male elite ice hockey players of SC Rapperswil-Jona Lakers participated: Swiss National League team, $n = 11$, age = 24.8 ± 4.1 years; U20 Elit team, $n = 14$, age = 18.5 ± 1.5 years.

- 8–10 measurement days per team over 5–10 weeks during competitive season, after 1 day of recovery or after match-/intensive training day, 170 valid measurement timepoints;
- 40 parameters from mainly objective measurement domains (purple colour figure 1) to predict subjective score of Stress Recovery Short Scale (SRSS, 5) as reference (blue colour). AI-algorithms applied to select important predictive parameters.

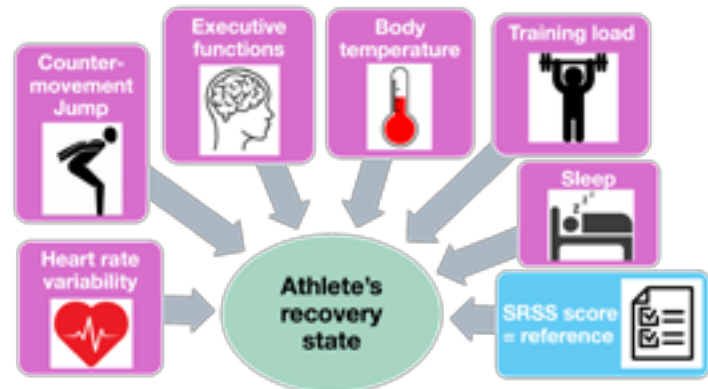
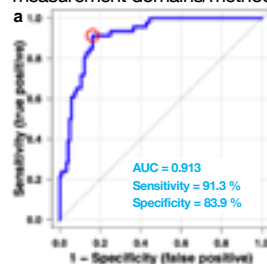


Figure 1: Recovery measurement domains/methods. Heart rate variability (HRV) measured with chest strap, countermovement jump (CMJ) on force plate, executive functions (EF) with computerized tests, core body temperature with in-ear thermometer, training load is athlete's rating of previous week, sleep includes quality and duration.

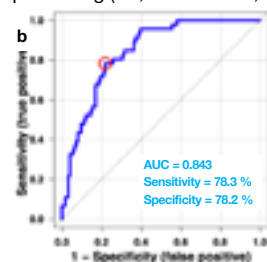
KEY RESULTS

The two developed measurement systems (figure 2a/b) identify highly stressed athletes (i.e., reference SRSS score < 6) with:

- a) **very high accuracy**, when using all measurement domains/methods;



- b) **high accuracy**, when only using parameters that don't need data processing (i.e., without HRV, EF).



Figures 2a/b: Predictive accuracy of measurement systems. Red circle further in upper-left corner = higher accuracy.

CONCLUSIONS

- Parameters from all measurement domains/methods are related to subjective recovery state (figure 3);
- confirms multisystemic nature of OTS;
- multiparametric measurement systems might be most reliable for accurate recovery monitoring in athletes.

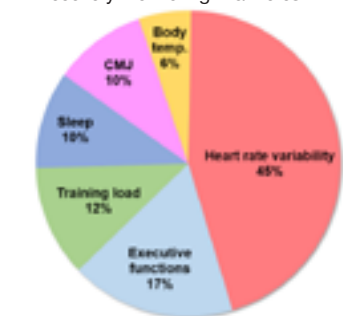


Figure 3: Relative predictive importance of parameters in measurement system a (% of AUC). Number of parameters: HRV 15, EF 5, training load 1, sleep 2, CMJ 2, body temperature 1.

REFERENCES

- (1) Matos, N. F., Winsley, R. J., & Williams, C. A. (2011). Prevalence of nonfunctional overreaching/overtraining in young English athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 43(7), 1287-1294.
- (2) Daly, E., Pearce, A. J., Esser, P., & Ryan, L. (2022). Evaluating the relationship between neurological function, neuromuscular fatigue, and subjective performance measures in professional rugby union players. *Frontiers in Sports and Active Living*, 4, 1058326.
- (3) Jones, G. M., Griffiths, P. C., & Mettler, S. D. (2017). Training Load and Fatigue Marker Associations with Injury and Illness: A Systematic Review of Longitudinal Studies. *Sports Medicine*, 47(5), 943-974.
- (4) Westley, J., Haines, S. L., & Mujika, I. (2022). Overtraining Syndrome Symptoms and Diagnosis in Athletes: Where is the Research? A Systematic Review. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 17(8), 675-681.
- (5) Keilmann, M., & Kölling, S. (2020). Das Akutmass und die Kurzkala zur Erfassung von Ermüdung und Beanspruchung für Erwachsene und Kinder/Jugendliche. Bundesinstitut für Sportwissenschaft (BISp).



CONTACT

patrick.eggenberger@ost.ch

Spielintelligenz im Nachwuchsfussball: Anwendung eines Beobachtungsrasters im 4v4

Alessio Ricciardi¹, Jörg Fuchslocher¹, Dennis Lüdin¹, Stephan Zahno², & Stevie Brunner³
¹Eidgenössische Hochschule für Sport Magglingen, ²Universität Bern, & ³Schweizerischer Fussballverband

Keywords: Fussball, Spielintelligenz, Beobachtungsraster, Validierung, Kleinfeldspiele

SO WHAT!?

- Die Spielintelligenz (SI) gilt als Leistungskriterium und viele Sportarten beschäftigen sich mit diesem Konstrukt.
- Der Schweizerische Fussballverband (SFV) konnte anhand des sportwissenschaftlichen Projekts aufzeigen, wie die SI systematisch untersucht werden kann. Hierbei wurde der Fokus auf das beobachtbare Verhalten gerichtet und im Expertenpanel ein Beobachtungsraster (siehe Abbildung 1 bzw. QR-Code) entwickelt.
- Mit dem Projektvorgehen (Abbildung 2) soll die Talententwicklung im Fussball unterstützt werden. Ausserdem könnte es für andere Sportarten als Vorlage dienen, um die sportartspezifische SI zu erforschen.

PROJEKTVORGEHEN

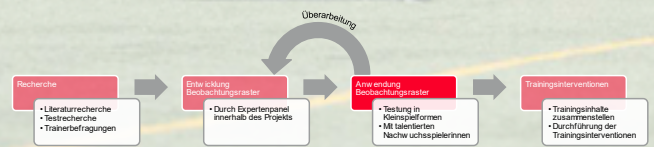


Abbildung 2. Vorgehen im sportwissenschaftlichen Projekt zur Untersuchung der Spielintelligenz im Nachwuchsfussball

EINLEITUNG

Kognitive Fähigkeiten wie die Spielintelligenz (SI) werden im modernen Spitzenfussball zunehmend wichtiger und hängen mit Erfolgskriterien wie der Anzahl Tore (Vestberg et al., 2017) oder der Spielzeit (Scharfen & Memmert, 2021) zusammen. Intelligente Spieler und Spielerinnen sind ständig auf der Suche nach optimalen Lösungen und handeln häufig richtig (Wein, 2022). Neben der besseren Entscheidungsfindung und Antizipationsfähigkeit zeichnet sich die SI durch ausgeprägte taktische Kompetenzen aus (Memmert & Roth, 2003). Allerdings gibt es nach wie vor keine einheitliche Definition der SI und die bestehenden Messinstrumente erfüllen selten die Anforderungen an die Gütekriterien (Rechenchosky et al., 2021). Aus diesem Grund hat der Schweizerische Fussballverband (SFV) ein sportwissenschaftliches Projekt gestartet, damit die SI im Nachwuchsfussball untersucht werden kann. Längerfristiges Ziel ist die Ausarbeitung eines SI-Tests für die Talentelektion und die Verbesserung der Talententwicklung mittels fundierter Trainingsmethodik. Hierfür wurde im Expertenpanel ein Beobachtungsraster entwickelt (siehe Abbildung 1 bzw. QR-Code), der erstmalig in der Spielform 4v4 getestet wurde.

FRAGESTELLUNG

Ist die Anwendung des Beobachtungsrasters im 4v4 ein a) objektives und b) reliables Verfahren für die Messung der SI bei talentierten NachwuchsspielerInnen?

METHODE

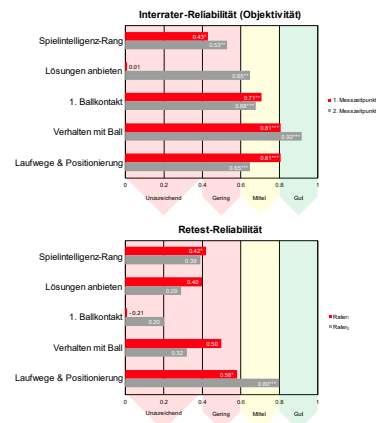
- 20 Spielerinnen des Ausbildungszentrum Biel absolvierten an zwei Messzeitpunkten (Test-Intervall = 3 Tage) je 4 Spiele à 3.5 Minuten in der Spielform 4v4 plus Torwart. Die Spiele wurden mit einer Veo-Kamera aufgenommen.
- 2 Rater (Sportstudenten) markierten für jede Spielerin einzeln die spielintelligenten Aktionen mithilfe des entwickelten Beobachtungsrasters (siehe Abbildung 1 bzw. QR-Code) und der Videosoftware Dartfish.
- Aus der Gesamtsumme (= alle spielintelligenten Aktionen pro Spielerin) wurde eine Rangliste erstellt. Für die statistischen Tests wurden der SI-Rang sowie die Anzahl Aktionen pro Beobachtungskriterium miteinander verglichen.
- Paarweise Korrelationen (*r*) wurden auf den Stufen SI-Rang und Beobachtungskriterium berechnet, um die a) Objektivität und b) Retest-Reliabilität zu überprüfen.

Beobachtungskriterium	1. Balkkontakt	Verhalten mit Ball	Laufwege & Positionierung
1. Balkkontakt	0.21	0.21	0.21
Verhalten mit Ball	0.21	0.21	0.21
Laufwege & Positionierung	0.21	0.21	0.21

Abbildung 1: Beobachtungsraster inkl. QR-Code (als PDF-Format)

RESULTATE

Paarweise Vergleiche und Angabe der Korrelationskoeffizienten zur Überprüfung der Objektivität (oben) und Reliabilität (unten).



Anmerkungen: *Signifikante Korrelationskoeffizienten (**p* < .05, ***p* < .01 und ****p* < .001). Bewertung der Korrelationskoeffizienten gemäss Döring (2023).

KONKLUSION

- Stufe SI-Rang: Insgesamt geringe Objektivität und Reliabilität, wobei grosse Unterschiede zwischen den Beobachtungskriterien bestehen.
- Die Beobachtungskriterien 1. *Balkkontakt*, *Verhalten mit Ball* sowie *Laufwege & Positionierung* weisen mittlere bis gute Raterübereinstimmungen auf.
- Eine klare Definition der SI und der beobachtbaren Verhaltensweisen bleibt die grösste Hürde, damit geeignete Tests zur Messung der SI entwickelt werden können.
- Dennoch konnte die SI systematisch untersucht werden und in das Spielverständnis des SFV integriert werden.
- Anhand der Ergebnisse können wichtige Massnahmen für das laufende Projekt getroffen werden. Zudem können andere Sportarten von diesen Erfahrungen profitieren und das Wissen über die SI vertiefen.

Literatur

Döring, N. (2023). Forschungsmethoden und Evaluation in der Sozial- und Humanwissenschaftlichen (6. Auflage). Springer.
Memmert, G., & Roth, G. (2003). Individualisierte Lernstrategien im Sportunterricht. *Zeitschrift für Sportwissenschaft*, 13(1), 44-50.
Rechenchosky, L., Murgatroy, V. M., James, M. D., D. Borge, P. H., Serrano, H., Mantua-Triguero, D., Saura-Olivero, J., & Rovall, W. (2021). Group versus of task: A review of tactical knowledge and tactical performance of young soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 39(15), 2021-2037.
Scharfen, H., & Memmert, G. (2021). Fundamental relationships of executive functions and physiological abilities with game intelligence, game time and performance in elite soccer players. *Applied Cognitive Psychology*, 100, 1023-1040. <https://doi.org/10.1002/acp.3688>
Vestberg, T., Rønnekleiv, G., Mørken, L., Ingjerd, M., & Petróvic, P. (2017). Core executive functions are associated with success in young elite soccer players. *PLoS ONE*, 12(1), e0170464. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0170464>
Wein, H. (2022). Spielintelligenz im Fussball: Kluge und Intuition (6. Auflage). Meyer & Meyer Verlag.



[in](https://www.linkedin.com/in/alessio-ricciardi) Alessio Ricciardi
[✉](mailto:alessio.ricciardi@hotmail.com) alessio.ricciardi@hotmail.com

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra
Bundesamt für Sport BASPO

Analyse d'un questionnaire pour le monitoring de la charge et de la récupération chez les athlètes féminines en ski alpin, temps perdu ou outil utile pour le monitoring ?

T. Gyger¹, M. Gander², B. Bruhin,^{1,2}

¹Swiss Federal Institute of Sport Magglingen (SFISM), Magglingen, Switzerland, ²Research group Swiss-ski

SWISSSKI

INTRODUCTION

Le ski alpin requiert de nombreuses compétences physiques, techniques et mentales, tout en exposant l'athlète à des contraintes telles que l'altitude, le froid et les déplacements fréquents. L'athlète de ski alpin effectue jusqu'à 150 jours de ski par année [1], participe à plus de 35 compétitions et effectue un entraînement en condition physique volumineux. Cette charge de travail intensive expose les athlètes à un risque considérable de blessures [2-3]. Le suivi de la charge d'entraînement et de la récupération des athlètes est essentiel pour évaluer leur adaptation, gérer la fatigue, prévenir les blessures et les maladies [4]. En ski alpin, il existe très peu d'indicateurs objectifs et subjectifs établis pour évaluer la charge et la récupération des athlètes et aucune étude publiée n'a analysé la cohérence des questionnaires validés à cet égard. Ce pourquoi, le questionnaire à six items appelé « instrument de monitoring de la charge et de la récupération » (BEMI; Tableau 1) publié par Horvath & Birrer (2021) [5] a été implémenté dans le groupe d'athlètes féminines en ski alpin.

Le but de cette étude était d'évaluer les résultats du BEMI et de les comparer aux performances en compétition des athlètes.

Tableau 1. Les six éléments du questionnaire BEMI pour évaluer la charge physique et mentale ainsi que la récupération, ainsi que les différents scores que l'on peut en tirer.

Items psychologiques (i.e. Humeur)	Items physiques
Q1. J'étais de mauvaise humeur	Q3. Certaines parties de mon corps me faisaient mal
Q2. J'étais de bonne humeur	Q4. Je n'ai pas assez dormi
	Q5. Je pouvais bien reprendre des forces.
	Q6. Je me sentais détendu-e physiquement.
Score psychologique	Score physique
Q2 - Q1	(Q5 + Q6) - (Q3 + Q4)
Score total	
(Q2 + Q5 + Q6) - (Q1 + Q3 + Q4)	

Notes. BEMI = instrument de monitoring de la charge et de la récupération. Q = item du questionnaire.

MÉTHODES

Les athlètes féminines du cadre B de Swiss-Ski (n = 12, âge 22.7 ± 1.6 ans) et du Gymnase de la Fondation du Sport de Davos (GFSD) (n = 38, âge 17.1 ± 1.2) ont participé à cette étude d'observation de octobre 2020 à mai 2022. Les réponses au BEMI (à intervalle de 3 jours) ont été collectées via une application développée par Swiss-Ski. Les performances des athlètes ont été recueillies à partir des points de la Fédération Internationale de Ski (FIS) pour les deux saisons (2020/2021 et 2021/2022). Le Tableau 2 résume les analyses qui ont été réalisées dans le cadre de cette étude.

Tableau 2. Analyses effectuées dans le cadre de cette étude.

a. Différence entre les groupes Swiss-Ski et Gymnase de la Fondation du Sport de Davos (GFSD)
b. Différence interindividuelle (i.e. comparaison entre toutes les athlètes)
c. Différence entre les phases de préparation et de compétition dans les catégories d'âge U16, U18, U21, >21
d. Différence entre les catégories U16, U18, U21 et >21
e. Influence des items (Q1 à Q6) ainsi que les z-scores physique et psychologique sur le z-score total BEMI (voir tableau ci-dessus)
f. Corrélation entre le z-score total BEMI et les résultats des compétitions (i.e. points de la fédération internationale de ski « FIS »)

Une z-transformation a été effectuée pour comparer les résultats (voir équation). La différence entre les groupes et les phases de préparation et de compétition a été analysé avec un Student's t-test. La différence entre les athlètes et les groupes d'âges, une analyse de variance (one-way ANOVA) a été effectuée avec une correction de l'homogénéité des variances si nécessaire (Welch) et un Post-Hoc (Tukey) pour compléter l'analyse. Une régression multiple linéaire a été effectuée pour l'analyse entre les items et le z-score total BEMI z-transformés. Une corrélation de Bravais-Pearson a été faite pour analyser le lien entre les résultats des compétitions (i.e. points FIS) et les z-scores totaux BEMI.

$$Z\text{-transformation : } z_i = \frac{x_i - \bar{x}}{s_x}$$

Equation. z_i = résultat de la z-transformation, x_i = le score brut à transformer, \bar{x} = moyenne, s_x = écart type.

RÉSULTATS

- Aucune différence significative n'a été trouvée entre les groupes Swiss-Ski et GFSD ($p > .05$).
- Au total, les z-scores totaux BEMI étaient significativement différents au niveau interindividuel ($p < .001$), avec 6% des paires qui ont montré une différence significative.
- Aucune différence significative n'a été observée entre la phase de préparation et de compétition pour chaque catégorie d'âge (U16, U18, U21 et >21).
- Les catégories d'âge n'ont pas montré de différence significative entre les phases de préparation et de compétition ($p > .05$). Uniquement les deux catégories d'âge, U16 et U21, étaient significativement différents ($p = .012$).
- Les items ont influencé significativement le z score total BEMI ($p < .001$), sauf Q1 (la mauvaise humeur) ($p = .112$). Les z-scores physique et psychologique influencent significativement le z-score total BEMI ($p < .001$).
- Une corrélation négative significative avec un effet faible entre les points FIS et le z-score total BEMI a été trouvée ($p < .001$; $r = -.108$; Figure 1).

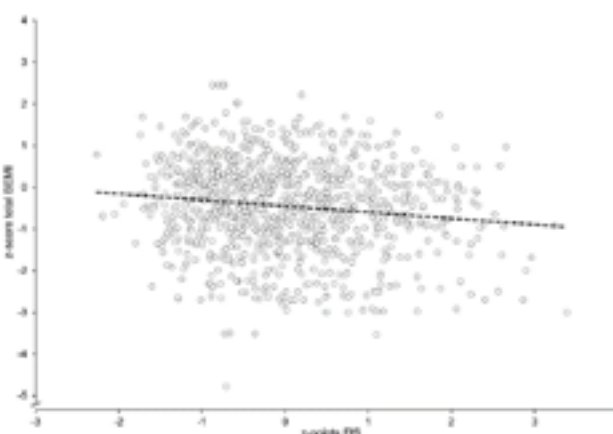


Figure 1. Graphique de nuage de points pour représenter la corrélation entre le z-score total BEMI et les z-points FIS.

DISCUSSION ET CONCLUSION

Les résultats de cette étude ont révélé que le z-score total du BEMI est indépendant du groupe dans lequel l'athlète évolue et n'est significativement pas comparable entre les athlètes (i.e. individuel). Ces résultats appuient les constatations de Gander et al. (2020) et Halson (2014) [6-7]. Cependant, seulement 6% des paires d'athlètes ont montré une différence significative, ce qui peut s'expliquer par la charge similaire des athlètes et le choix limité de réponses possibles au BEMI. Bien que Q1 n'ait pas montré une influence significative, et que le z-score physique ait montré une plus grande influence que le z-score psychologique, il est important de conserver tous ces différents indicateurs pour évaluer l'état de forme de l'athlète. Pour finir, le BEMI a montré un lien, bien que faible, avec la performance en ski alpin.

Le BEMI est un outil subjectif utile, mais il doit être analysé individuellement, en collaboration avec l'athlète et complété par un suivi objectif de la charge et de la récupération.

RÉFÉRENCES

- [1] Gilgen, M., Reid, R., Raschner, C., Supej, M., & Holmberg, H.-C. (2018). The Training of Olympic Alpine Ski Racers. *Frontiers in Physiology*, 9, 1772.
- [2] Bere, T., Flören, T. W., Nordsetten, L., & Bahr, R. (2014). Sex differences in the risk of injury in World Cup alpine skiers: A 6-year cohort study. *British Journal of Sports Medicine*, 48(1), 36-40.
- [3] 2009 Flören, T. W., Bere, T., Nordsetten, L., Heir, S., & Bahr, R. (2009). Injuries among male and female World Cup alpine skiers. *British Journal of Sports Medicine*, 43(13), 973-978.
- [4] Bourdon, P. C., Cardinalo, M., Murray, A., Gastin, P., Kellmann, M., Varley, M. C., Gabbett, T. J., Coutts, A. J., Burgess, D. J., Gregson, W., & Cable, N. T. (2017). Monitoring Athlete Training Loads: Consensus Statement. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(Suppl 2), S2161-S2170.
- [5] Horvath, S., & Birrer, D. (2021). Monitoring strain and recovery in athletes: Application of a short inventory of perceptual well-being. 69, 13-17.
- [6] Gander, M., Javet, M., & Bruhin, B. (2020). Monitoring recovery and stress in alpine ski racing: Possible verification method. Poster at the Nordic winter sports conference, Sweden. <https://www.nordicwintersportsconference.com/>
- [7] Halson, S. L. (2014). Monitoring Training Load to Understand Fatigue in Athletes. *Sports Medicine*, 44(2), 139-147.

Contact: tim.gyger@swiss-ski.ch

AI-Racer: mit VR- und KI-Technologie auf das Podest bei alpinen Skirennen

Samuel Schwyn¹, Nicola Notari², Fabien Deléze¹, Björn Bruhin³, Martin Bünner⁴, Sébastien Guillaume¹

¹Haute Ecole d'Ingénierie et de Gestion du Canton de Vaud (HEIG-VD), Yverdon-les-Bains; ²Ostschweizer Fachhochschule (OST), Buchs; ³Swiss-Ski, Worblaufen; ⁴Fachhochschule Graubünden (FHGR), Chur

Keywords: Ski Alpin, Künstliche Intelligenz, Virtual Reality, Ideallinie Berechnung, Immersiv-Training

So what!?

Gemeinsam mit KI-, Geomatik- und VR-SpezialistInnen von drei Hochschulen hat Swiss-Ski den **AI-Racer** entwickelt. Dieser ermöglicht – weltweit einmalig – die optimale Fahrlinie und damit die optimale Renn-Strategie für alpine Skirennen zu identifizieren. Die Entwicklung des AI-Racer's begann im Jahr 2016. Seit 2022 wird der AI-Racer bei Weltcup- und WM-Rennen eingesetzt. In Zukunft soll der AI-Racer zusätzlich in Training und Ausbildung helfen Verletzungen zu vermeiden und die Trainings-Effektivität zu erhöhen.

Einleitung

In einem alpinen Skirennen muss eine/n AthletIn einer Trajektorie folgen, die ihn/sie so schnell wie möglich ans Ziel führt. Diese Ideallinie wird heute meistens durch subjektive Methoden bestimmt, ohne eine objektive oder quantitative Berechnung durchzuführen. Die AthletInnen versuchen, aufgrund der Besichtigung der Piste vor Ort und manchmal mit einem Vorfahrevideo, sich die Linie mental vorzustellen. Daher die Forschungsfrage:

Wie kann man in alpinen Skirennen die optimale Fahrlinie bestimmen und den AthletInnen helfen, diese Linie sich am immersivsten zu merken?

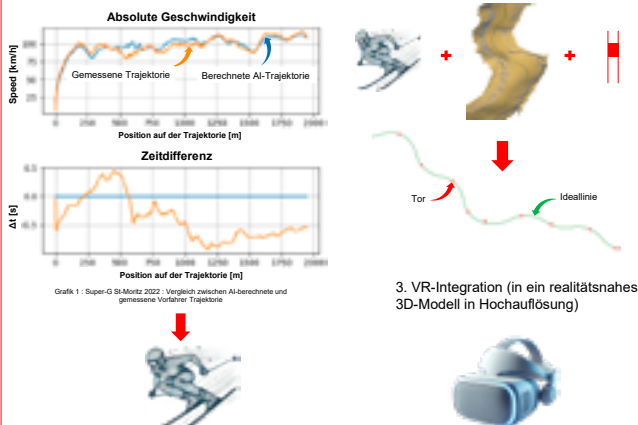
1 Zentimeter-genaue Messung der Rennstrecke mittels LIDAR/Fotogrammetrie (Hubschrauber- oder Drohnenflug) und Erstellung eines realitätsnahes 3D-Modells (Multi-Auflösung und Multi-Block)

2 Aufstellen eines Nonlinear Programming Problems (NLP) mit ca. 10'000 Unbekannten und ca. 300'000 Gleichungen und Ungleichungen als Optimal Control Problem [A] auf Basis der gemessenen Rennstrecke. Das NLP umfasst die Physik des Skifahrens [B]. Die Lösung des NLP ist die optimale Fahrlinie auf der gemessenen Rennstrecke und wird mit einem SQP-Verfahren [C][D] berechnet.

3 Visualisierung der optimalen Fahrlinie und der Umgebung der gemessenen Rennstrecke mittels einem selbstentwickelten Unity-C# Virtual Reality-App und somit auf einer VR-Brille für den/die AthletIn.

Methode

- Entwicklung des Skifahrers-KI-Modell (physikalische Parameter, GNSS-Trajektorien)
- Berechnung der Ideallinie (unter Berücksichtigung des 3D-Modells der Piste und der Torsetzung)



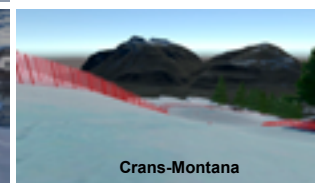
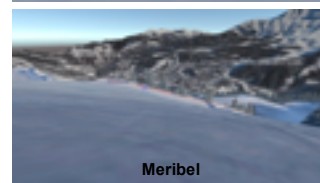
Resultate

- Das KI-Modell kann eine/n Ski-RennfahrerIn simulieren. Dies zeigt sich mit der absoluten Geschwindigkeit sowie mit der Zeit-Differenzen aus. Auf der gesamten Strecke ist der Zeitunterschied zwischen der AI-Trajektorie und der gemessene Trajektorie < 1 s (siehe Grafik 1).
- Der AI-Racer ermöglicht eine effektive und gezielte Rennvorbereitung bei alpinen Skirennen.
- Rennzeiten können jetzt sekundengenau vorhergesagt werden (siehe Tabelle 1).
- Die VR-Visualisierung ist für die SportlerInnen in hohem Masse immersiv und nutzbringend.



Rennen	Disziplin	AI-Zeit	Bestzeit
St-Moritz (18.12.2022)	Super-G	01:18.40	01:13.62
Meribel (08.02.2023)	Super-G	01:28.40	01:28.06
Crans-Montana (24.02.2023)	Abfahrt	01:27.00	01:26.75

Tabelle 1 - Vergleich AI-Zeiten und effektive Bestzeiten von verschiedenen Rennen (Saison 2022-2023)



Schlussfolgerung

Die neuen Technologien, wie KI und VR, bieten ein erhebliches Potential für den Elite-Skisport in Wettkampf und Ausbildung, aber sicherlich auch für zahlreiche andere Sportarten. Der Kampf um Sekundenbruchteile wird im Wettkampf durch die AthletInnen, aber auch durch einen sinnvollen Technologie-Einsatz entschieden.

Literatur

- [A] Liberzon, Daniel, Calculus of Variations and Optimal Control Theory, Princeton University Press (2012).
 [B] Pritchard, J. Taylor, J., The Science of Alpine Ski Racing, Routledge-Verlag (2023).
 [C] Han, S. - P., A globally convergent method for nonlinear programming, J. Optimization Theory Appl. (22), 297 -- 309, (1977).
 [D] Powell, M. J. D. and Watson, G. A., A fast algorithm for nonlinearly constrained optimization calculations, Proceedings of the Biennial Conference Held at Dundee, 144 --157 (1977).

Kontakt

Samuel Schwyn : samuel.schwyn@heig-vd.ch
 Nicola Notari : nicola.notari@ost.ch
 Fabien Deléze : fabien.deleze@heig-vd.ch
 Björn Bruhin : bjorn.bruhin@swiss-ski.ch
 Martin Bünner : martin.buenner@fhgr.ch
 Sébastien Guillaume : sebastien.guillaume@heig-vd.ch

Abschnittsanalyse der Ski Alpin Weltcup Abfahrt Strecken der Frauen in der Saison 2023 / 2024

Björn Bruhin, Jonas Mayer

Einleitung

Zur Analyse der Charakteristika der verschiedenen Abfahrtsrennstrecken und zur Identifikation von Schlüsselabschnitten wurde ein Konzept entwickelt, das Abschnittsanalysen hinsichtlich ihres Einflusses auf die Endrangierung ermöglicht. Sämtliche Abschnitte der Ski-Alpin-Weltcup-Abfahrtsstrecken der Damen in der Saison 2023/24 wurden in drei Abschnittsklassen eingeteilt. Darüber hinaus wurde die Leistung der Schweizer Athletinnen in den einzelnen Abschnitten und innerhalb der jeweiligen Abschnittsklassifizierung untersucht.

Ziel der Studie

Das Ziel der Studie war es, Schlüsselabschnitte auf den Abfahrtsrennstrecken der Damen zu identifizieren. Auf diese Weise ist es in Zukunft bei der Streckenanalyse mit den Athletinnen möglich, den Fokus auf entscheidende Passagen zu legen, was ein effizienteres Coaching ermöglicht.

Methoden

In dieser Längsschnittstudie wurden alle Athletinnen inkludiert, die in der Disziplin Abfahrt im Ski Alpin Weltcup der Frauen in der Saison 2023/24 in einem offiziellen Training oder Rennen in den Top 30 rangiert waren. Die offiziellen Zwischenzeiten des internationalen Skiverbandes (FIS) bildeten die Abschnittsbegrenzungen.

Einteilung der Abschnittsklassifikation

% in Hocke- Position/ Abschnitt	>70%	30-70%	<30%
Abschnittsklassifikation	Gleiten (Flach)	Mix Coupiert	Technisch (Steil)

Tabelle 1. Abschnittsklassifizierung nach % in der Hocke- Position pro Abschnitt

Es folgte eine Klassifizierung der Abschnitte in die Kategorien Gleiten (Flach), Mix (Coupiert) und Technisch (Steil). Diese Klassifizierung erfolgte anhand der Zeit, die die tageschnellste Athletin pro Abschnitt in der Hocke-Position verbrachte (siehe Tabelle 1 und Abbildung 1).

Berechnung der Abschnittsklassifikation

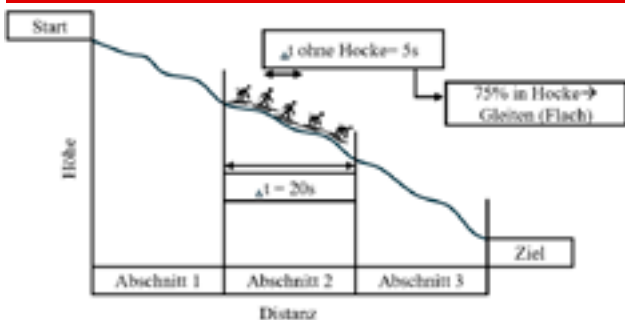


Abbildung 1. Skizze zur Berechnung der Abschnittsklassifizierung

Anschliessend wurde eine Pearson- Korrelationsanalyse durchgeführt, um die Korrelationsstärke der einzelnen Abschnitte mit der Schlussrangierung zu bestimmen. Dabei wurden die Schweizer Athletinnen separat analysiert.

Ausblick

In den kommenden Saisons ist es entscheidend, kontinuierlich weitere Daten zu erheben, um den bestehenden Datensatz zu verfeinern. Dies wird eine präzisere Identifikation von Schlüsselabschnitten ermöglichen. Für die Schweizer Athletinnen sollte der Schwerpunkt auf die Gleitpassagen gelegt werden, da in diesen Bereichen das grösste Potenzial besteht.

Ergebnisse

In Abb. 2 ist der durchschnittliche Pearson Korrelationskoeffizient über die gesamte Saison pro Abschnittsklassifizierung ersichtlich. Prozentual verlieren die Schweizerinnen in den Abschnittsklassifikationen Gleiten (Flach) + 0.2%, Mix (Coupiert) - 0.1% und Technisch (Steil) - 0.3% verglichen mit der internationalen Konkurrenz (siehe Abb. 3).

Pearson Korrelationskoeffizient nach Abschnittsklassifizierung

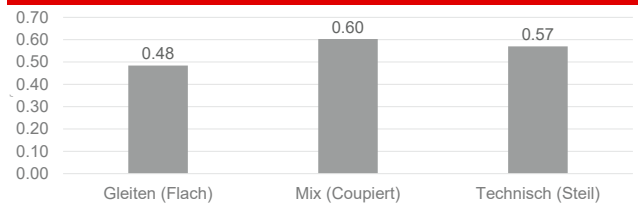


Abbildung 2. Durchschnittliche r- Werte nach Abschnittsklassifizierung über die Saison 2023/24

Prozentualer Zeitverlust der Schweizerinnen pro Abschnittsklassifizierung

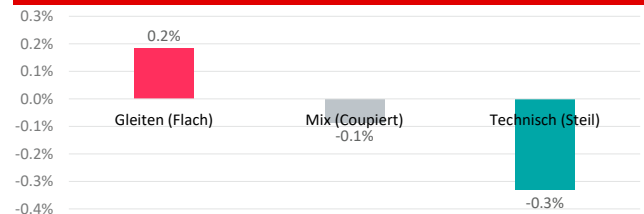


Abbildung 3. Durchschnittlicher Zeitverlust der Schweizerinnen im Vergleich zur internationalen Konkurrenz pro Abschnittsklassifizierung

In Tabelle 2 ist eine Rennort- Analyse am Beispiel von Val d'Isere zu sehen. Die Abschnitte drei, vier und fünf zeigen sowohl im Training als auch im Rennen starke Korrelationen (Training: Abschnitt 3 $r = 0.529$, Abschnitt 4 $r = 0.618$, Abschnitt 5 $r = 0.802$; Rennen: Abschnitt 3 $r = 0.677$, Abschnitt 4 $r = 0.531$, Abschnitt 5 $r = 0.615$).

Rennortanalyse Val d'Isere

Training 15.12.2023						
Abschnitt	Abschnittsklassifizierung	r	All	All_std	SUI	Siegerin
1	Gleiten (Flach)	0.340	1.3%	0.007	1.4%	0.0%
2	Gleiten (Flach)	0.248	2.9%	0.018	2.3%	0.0%
3	Technisch (Steil)	0.529	2.8%	0.012	1.9%	2.6% *
4	Technisch (Steil)	0.618	2.3%	0.012	2.2%	1.1% *
5	Mix (Coupiert)	0.802	2.0%	0.015	1.4%	0.4% *
6	Gleiten (Flach)	0.321	3.0%	0.015	3.7%	0.0%
Rennen 16.12.2023						
Abschnitt	Abschnittsklassifizierung	r	All	All_std	SUI	Siegerin
1	Gleiten (Flach)	0.209	0.7%	0.004	0.5%	0.1%
2	Gleiten (Flach)	0.331	3.3%	0.018	1.8%	0.8%
3	Technisch (Steil)	0.677	2.8%	0.015	2.7%	1.4% *
4	Technisch (Steil)	0.531	2.7%	0.014	2.2%	2.1% *
5	Mix (Coupiert)	0.615	1.6%	0.009	1.0%	0.0% *
6	Gleiten (Flach)	0.354	3.8%	0.013	4.1%	2.4%

Tabelle 2. Rennanalyse Val d'Isere

Schlussfolgerung

Mit dem bestehenden Datensatz konnten nicht an allen Rennorten eindeutige Schlüsselabschnitte identifiziert werden. Die gewonnenen Erkenntnisse können allerdings in der nächsten Saison (2024/25) direkt in der Praxis angewandt werden.

Head up, girl!

Bessere Leistung durch Scanning im Nachwuchsfrauenfussball

Mirjam Hintermann, Michael Romann, Jörg Fuchslocher
Eidgenössische Hochschule für Sport Magglingen EHSM

Keywords: Scanning, Nachwuchsfrauenfussball, Talententwicklung, kognitive Fähigkeiten, small-sided games

Einleitung

Im Fussball müssen sich Spielerinnen ständig und schnell an neue Spielsituationen anpassen. Mit dem sogenannten 'Scanning' suchen Spielerinnen aktiv nach Informationen in ihrer Umgebung und den sich bietenden Möglichkeiten. Bisherige Studien zeigen einen positiven Zusammenhang zwischen dem Scanning vor dem ersten Ballkontakt und der Qualität der anschliessenden Aktion (z.B. Pass oder Dribbling)¹. Zudem zeigt sich, dass Scanning von verschiedenen Kontextfaktoren (z.B. Gegnerdruck) abhängig sein kann². Bisher wurden alle Studien im Spitzenfussball mit Männern durchgeführt. Aufgrund physiologischer und physischer Unterschiede zwischen den Geschlechtern, hat der Frauenfussball eine andere Spieldynamik³. Dadurch könnte sich auch die Wahrnehmung und das Scanning-Verhalten im Frauenfussball anders als im Männerfussball gestalten. Das Ziel der vorliegenden Studie bestand darin, das Scanning-Verhalten und dessen Einfluss auf die Qualität der Folgeaktion von Nachwuchsspielerinnen im Spitzen- und Breitenfussball zu analysieren.

Methode

61 U19-Feldspielerinnen (Alter: 16.7 ± 1.4 Jahre) wurden während 4v4-Kleinfeldspielen im Training gefilmt:

- Spitzenfussball: n = 31
- Breitenfussball: n = 30

Scanning wurde als aktive Kopfbewegung einer Spielerin definiert, bei der das Gesicht der Spielerin vorübergehend vom Ball weggerichtet wird, mit der angenommenen Absicht, nach Mitspielerinnen, Gegnerinnen oder den freien Raum zu suchen⁴. In relevanten Spielsituationen (N = 2010) wurde a) das Scanning 5s vor dem ersten Ballkontakt und b) das Scanning während des Ballbesitzes (vom ersten Ballkontakt bis zur Ballabgabe) analysiert. Mittels logistischen Mehrebenenmodellen wurde der Einfluss verschiedener Variablen (z.B. Gegnerdruck) auf das Scanning-Verhalten und die Qualität der Folgeaktion berechnet.

Resultate:

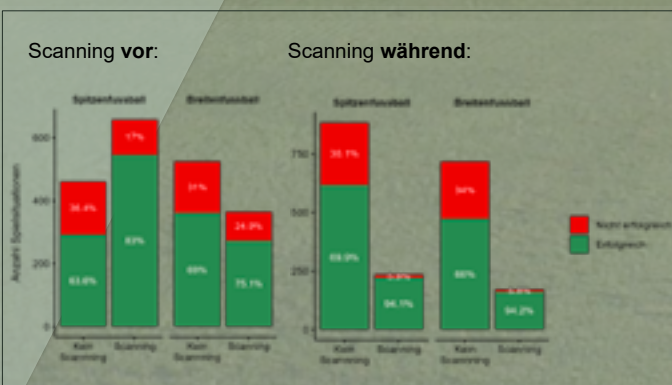


Abbildung 1: Einfluss des Scanning auf die Qualität der Folgeaktion. Breitenfussballerinnen scannen signifikant weniger häufig vor dem Ballbesitz (OR = 0.45, $p < .001$), aber nicht während (OR = 0.83, $p = .365$). Scanning vor (OR = 2.85, $p < .001$) und während (OR = 6.86, $p < .001$) zeigen einen positiven Effekt auf die Qualität der Folgeaktion, unabhängig von der Gruppe.

Literatur:

- ¹Jordet, G., Aksum, K. M., Pedersen, D. N., Walvekar, A., Trivedi, A., McCall, A., Ivarsson, A., & Priestley, D. (2020). Scanning, contextual factors, and association with performance in English premier league footballers: An investigation across a season. *Journal of Sports Sciences*, 39(21), 2401-2410.
- ²Aksum, K. M., Pokolm, M., Bjørndal, C. T., Rein, R., Memmert, D., & Jordet, G. (2021). Scanning activity in elite youth football players. *Journal of Sports Sciences*, 39(21), 2401-2410.
- ³Pedersen, A. V., Aksdal, I. M., & Stalsberg, R. (2019). Scaling demands of soccer according to anthropometric and physiological sex differences: A fairer comparison of men's and women's soccer. *Frontiers in Psychology*, 10, 762.
- ⁴Jordet, G. (2005). Perceptual training in soccer: An imagery intervention study with elite players. *Journal of Applied Sport Psychology*, 17(2), 140-156.

Diskussion und Konklusion

- Vor dem ersten Ballkontakt scannen Breitenfussballerinnen signifikant weniger häufig als Spitzenfussballerinnen.
- Während des Ballbesitzes scannen beide Gruppen gleich oft.
- Bei hohem Gegnerinnendruck (0-3 m) scannen beide Gruppen signifikant weniger.

Bessere Qualität der Folgeaktion, wenn...

- ...einmal oder mehrmals gescannt wird, unabhängig von der Gruppe und vom Zeitpunkt des Scanning.
- ...der Gegnerinnendruck nicht zu hoch ist (4 m und mehr).

So what? Mehr scannen ist besser, egal auf welchem Spiel-niveau und zu welchem Zeitpunkt!

Doch wie viele Scans sind in welcher Spielsituation optimal?

Feedback-Methoden im Nachwuchsbereich Ski Alpin

Anita Landolt^{1,2}, Jörg Fuchslocher¹ & Björn Bruhin^{1,2}

¹Swiss-Ski, Worb, Switzerland ²Eidgenössische Hochschule für Sport in Magglingen (EHSM), Switzerland

Einführung

Das Feedback hat im Sport einen hohen Stellenwert⁶. Im Alpinen Skisport werden nach Informationen des Schweizerischen Skiverbandes Swiss-Ski vor allem die drei Methoden Zeit, Video und verbales Coaching für das Feedback verwendet. Jedoch gibt es keine wissenschaftlichen Belegungen zu den Methoden und deren Auswirkungen auf die kurzfristigen Leistungsverbesserungen, welche gerade in den technischen Disziplinen von grosser Bedeutung sind. Anhand der Resultate dieser Arbeit soll das Feedback vor allem im Training aber auch im Wettkampf effizienter gestaltet und auf die individuellen Präferenzen der Athleten und Athletinnen angepasst werden.

Wissenschaftliche Grundlagen:

Das Feedback kann nach unterschiedlichen Punkten gestaltet und differenziert werden (Abb. 1). Die wichtigsten Grundlagen, welche laut Literatur zu einer Leistungssteigerung führen sollen sind folgende:

- ✓ **Intrinsische Motivation**, welche durch Knowledge of Results gefördert werden kann⁴.
- ✓ Durch den **externen Aufmerksamkeitsfokus** werden die automatischen Prozesse der Bewegungsausführung weniger stark unterbrochen⁷.
- ✓ Wechselwirkung zwischen **Selbstwirksamkeit, Motivation und Leistung**⁵.
- ✓ Grundlagen des **ABC der psychologischen Grundbedürfnisse** sollten beachtet werden³.

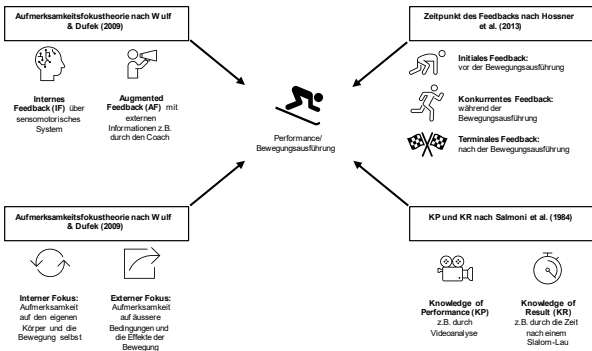


Abbildung 1. Zusammenfassung der wissenschaftlichen Grundlagen des Feedbacks im Sport

Ziel

- **Effekte verschiedener Feedback-Methoden** auf die kurzfristigen Laufzeitverbesserungen von Nachwuchsatlet:innen im Ski Alpin untersuchen und analysieren
- Erstellen **individueller Profile** (siehe Abb. 3) aller Athlet:innen zur Optimierung der Leistungssteigerung und des Feedbacks

Resultate

- **Zeit-Feedback** brachte durchschnittlich die **grössten kurzfristigen Laufzeitverbesserungen**, gefolgt vom Coach-Feedback (Abb. 2).
- 7 von 11 Athlet:innen verbesserten sich mit dem Zeit-Feedback.
- Alle **weiblichen Athletinnen** (n = 4) präferierten das **verbale Coaching**, bei den Jungen war es mehrheitlich das Zeit-Feedback.

Diskussion

Das Zeit-Feedback kann als einzige der drei Methoden dem Knowledge of Result zugeordnet werden, was die intrinsische Motivation steigern könnte⁴. Durch das Video-Feedback könnte eher der interne Aufmerksamkeitsfokus gereizt werden, was scheinbar zu geringeren Leistungsverbesserungen führt als der externe Aufmerksamkeitsfokus⁷.

Intervention

Insgesamt konnten 11 Athlet:innen aus dem Regionalen Leistungszentrum (RLZ) Mattertal rekrutiert werden.

Die Intervention umfasste drei Blöcke à zwei Baseline- und drei Trainingsläufen. Pro Block wurde eine der drei Feedback-Methoden Zeit, Video oder verbales Coaching angewendet.



Zeit-Feedback

Direkt nach der Zieleinfahrt erhielten die Athlet:innen die Zeitangaben zu ihrem absolvierten Lauf.



Video-Feedback

Mit dem Smartphone wurden die Fahrten der Athlet:innen gefilmt und leicht verzögert auf ein Tablet im Zielbereich gestreamt. Dort konnten sie ihr Video nach der Zieleinfahrt einmal in Echtzeit anschauen und analysieren.



Verbales Coach-Feedback

Am Start erhielten die Athlet:innen von einem ausgebildeten Coach ein Feedback. Dabei fokussierte sich der Coach vor allem auf die emotionale und motivationale Ebene.

Nach jedem Block wurde der Slalomlauf umgesteckt, um einen Carry Over Effekt zwischen den drei Blöcken auszuschliessen.

Zur Auswertung wurde die absolute und relative Differenz zwischen dem besseren Baselineauf (BL) und dem besten Trainingslauf (TL) berechnet. Anschliessend wurden mit dem Statistikprogramm JASP diverse Analysen (deskriptive Statistiken, T-Tests) durchgeführt.

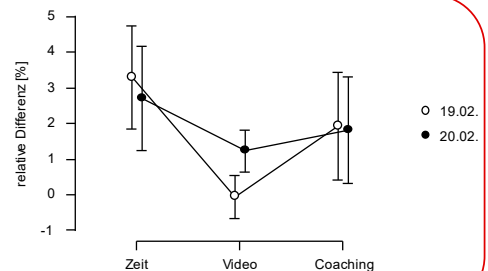


Abbildung 2. Grafische Darstellung der Resultate beider Messtage



Abbildung 3. Beispiel eines individuellen Profils, das mittels Power BI erstellt wurde.

Fazit

- Das **Zeit-Feedback** führte in dieser Untersuchungsgruppe zu den durchschnittlich grössten Laufzeitverbesserungen.
- Trainer:innen sollten das Feedback vor allem **individuell** auf die einzelnen Athlet:innen anpassen⁶.
- Anhand der **individuellen Profile** kann für jede:n Athlet:in die Feedback-Methode identifiziert werden, mit der die grössten Laufzeitverbesserungen erreicht wurden.

Referenzen

- ¹Hosner, E., Müller, H., & Voelcker-Rehage, C. (2013). Koordination sportlicher Bewegungen – Sportmotorik. In A. Güllich & M. Krüger (Hrsg.), *Sport: Das Lehrbuch für das Sportstudium* (S. 211–287). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-37546-0_8
- ²Magillson, C., Gajgen, M., Tsjet, S. L., Lossegard, T., Haugen, P., Reid, R., & Frömer, R. (2024). Reinforcement learning enhances training and performance in skilled alpine skiers compared to traditional coaching instruction. *bioRxiv*, 1-47. <https://doi.org/10.1101/2024.04.22.59055>
- ³Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American Psychologist*, 55(1), 68–78. <https://doi.org/10.1037/0003-060X.55.1.68>
- ⁴Salmomi, A. W., Schmidt, P. A., & Walter, C. B. (1984). Knowledge of results and motor learning: A review and critical reappraisal. *Psychological Bulletin*, 95(2), 355–386. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.95.2.355>
- ⁵Sharma, D., Cheedikurman, M. F., Khan, F. R., & Gaoangzhi, R. A. (2016). Effectiveness of knowledge of result and knowledge of performance in the learning of a skilled motor activity by healthy young adults. *Journal of Physical Therapy Science*, 28(5), 1482–1486. <https://doi.org/10.1589/jpts.28.1482>
- ⁶Sigall, R., Rastler, G., Riemer, R., & Wolf, P. (2013). Augmented visual, auditory, haptic, and multimodal feedback in motor learning: A review. *Psychonomic Bulletin & Review*, 20(1), 21–53. <https://doi.org/10.3758/s13429-012-0333-8>
- ⁷Wulf, G. (2013). Attentional focus and motor learning: A review of 15 years. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 6(1), 77–104. <https://doi.org/10.1080/1750984X.2012.723728>
- ⁸Wulf, G., & Dufek, J. S. (2009). Increased jump height with an external focus due to enhanced lower extremity joint kinetics. *Journal of Motor Behavior*, 41(5), 401–409. <https://doi.org/10.1080/0022890903282421>



RUDERCLUB
ERLENBACH

The relationship between power-duration variables, VO₂ Max and ventilatory thresholds in rowers

James Goodwin¹; Martino Goretti²

¹Swiss Rowing Team, Sarnen, Switzerland; ²Rowing Club Erlenbach, Zurich, Switzerland

Keywords: VO₂ Max, Critical Power, Power-Duration, W Prime, Ventilatory Threshold, Rowing



SWISS ROWING
TEAM

SO WHAT?!

- Power-duration variables of Critical Power and W Prime explain 82% of the variance in VO₂ Max.
- Critical Power and W Prime have a much stronger relationship to 2000m performance than any VO₂ variables.
- There are moderate relationships between power-duration variables and VO₂ variables.
- Power-duration variables remain a convenient method to assess physiological capacity in rowers.

INTRODUCTION

- Maximal oxygen uptake (VO₂ max) has been recognised as a key marker for performance within multiple endurance sports including rowing. More recent methods have explored the role of power duration variables such as critical power (CP) and W prime (W') within endurance sports.
- VO₂ max has also been shown to have a moderate correlation to 2000m performance in elite rowers [1]. Power-duration variables have shown to have a strong relationship to 2000m performance in rowing [2]
- Research has shown a strong relationship between power-duration variables and VO₂ max in other sports such as cycling [3] and running [4]. However, no studies have explored this within a rowing context.
- Therefore, the aim on this study was explore the relationship between power-duration variables, VO₂ max and ventilatory thresholds.

METHODS

- 16 club level rowers were recruited from Ruderclub Erlenbach (6 female and 10 male).
- Participants performed the following tests on a concept 2 rowing ergometer (see figure 1): maximal 2000m test, an incremental exercise test, a 3min time trial and a 12min time trial. There was a minimum of 2 days rest between tests which were completed over a 4-week period to minimise training effects.
- The incremental exercise test included 6x3 min intervals on 30s rest with the first set at 90W less than the participants 2000m test wattage, increasing by 15W for each step. Oxygen uptake was recorded using the VO₂ Master to calculate VO₂ and ventilatory threshold 1 and 2 (see figure 1).
- CP and W' were calculated from the 3min and 12min time trials using a linear 1/Time model [3].
- Multivariate regression analysis and Pearson's correlation coefficient (P < 0.05) was used to establish relationships between power-duration and VO₂ variables using Microsoft Excel.

Figure 1. Testing equipment; Concept 2 Rowing Ergometer (A), VO₂ Master (B).



RESULTS

	Critical Power (W)	W Prime (KJ)
Ventilatory Threshold 1 (W)	0.55	0.34
Ventilatory Threshold 2 (W)	0.62*	0.42
Power at VO ₂ Max (W)	0.56*	0.45
Relative VO ₂ Max (ml/min/kg)	0.15	0.11
Absolute VO ₂ Max (l/min)	0.62*	0.64*

Table 1. Regression values for critical power vs VO₂ variables. * = p < 0.001.

- CP and W' explains 82% of the variance in Absolute VO₂ Max (P < 0.0001).
- The following equation was developed to predict VO₂ Max from CP and W':
$$\text{VO}_2 \text{ Max} = 0.008 \times \text{CP} + 0.057 \times \text{W}' + 1.126$$
- Critical power had a moderate positive relationship with 2nd ventilatory thresholds well as power at VO₂ Max and absolute VO₂ Max.
- There was a strong positive relationship (R = 0.91, P < 0.01) between CP and W' (R = 0.80, P < 0.01) and 2000m test performance.

DISCUSSION

- Results from this study may suggest a moderate strength correlation between VO₂ Max in relation to 2000m ergometer performance in line with previous research in elite rowers [1].
- The multivariate regression used in this study suggests good predictability of VO₂ Max in this cohort from CP and W'. This may be more reliable in higher level rowers who are known to replicate more consistent time trial data [2].
- The moderate relationship observed between the 2nd ventilatory threshold and critical power may be due to their proximity in their values of splitting the severe and heavy exercises domains.
- The strongest single correlation between any VO₂ and power-duration variables was W' and absolute VO₂ Max (R = 0.80, P < 0.01). This is further evidence to support the concept of the aerobic component regarding the determination of W' beyond the PCR and glycolytic systems [5].
- Power-duration variables in this cohort showed strong relationships to 2000m performance previously seen in elite level rowers [2].
- Such observations may be due to power-duration variables encompassing other physiological factors that are key determinants for the sport such as maximal strength, rowing economy etc.
- Therefore, it could be argued the power-duration variables play a more relevant role from a functional perspective than VO₂ Max.
- Subsequently the application of power-duration continues to provide a cheap and methodologically straightforward way to assess a rower's physiology as well as prescribe sound training interventions.

LIMITATIONS & FUTURE RESEARCH

- Other sports should consider looking at the relationships between power-duration and VO₂ variables as it may inform refined testing practices.
- Further research should explore power-duration variables alongside VO₂ Max and ventilatory thresholds in higher level rowers.

REFERENCES

- [1] Ingham, S., et al., 2002. Determinants of 2,000 m rowing ergometer performance in elite rowers. *European journal of applied physiology*, 88, pp.243-246.
 [2] Goodwin, J., 2020. Power-duration modelling and its relationship to 2000m ergometer performance in Elite Rowers. Swiss Rowing Team, unpublished.
 [3] Simpson, L. and Kordi, M., 2017. Comparison of Critical Power and W' Derived From 2 or 3 Maximal Tests. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(6), pp.825-830
 [4] Patoz, A., et al., 2021. Oxygen uptake at critical speed and power in running: perspectives and practical applications. *International journal of sports physiology and performance*, 17(3), pp.400-406.
 [5] Jones, A.M., et al., 2010. Critical power: implications for determination of VO₂max and exercise tolerance. *Med Sci Sports Exerc*, 42(10), pp.1876-90.

RECONSTRUCTION OF WIND SCENARIOS FOR OLYMPIC SAILING

Luca Galantucci & Marco Versari

Istituto per le Applicazioni del Calcolo (IAC-CNR), Roma & Swiss Sailing - Service Sport Santé UNIL and EPFL

Abstract

Information regarding the wind velocity field in sailing racing basins is of fundamental importance for the performance of athletes in competitions. In particular, crucial is the identification of typical temporal evolutions of the wind velocity field during a day, what is commonly referred to as *wind scenarios*. These allow to predict the typical characteristics of the wind, magnitude and direction, across the racing areas and hence the regions where the wind is expected to be stronger: these are the regions where sailing is likely to be the most performant. In our work, we apply our in-house developed methodology to analyse wind data collected in the Marseille area, where the Olympics 2024 sailing competitions have taken place. The numerically reconstructed scenarios have proven to be very useful to the athletes, as the regions where winning crews have sailed correspond precisely to the areas where our algorithm predicted the strongest winds. **Keywords:** *sailing strategy, wind velocity field prediction*

Introduction

The knowledge in advance of the expected time evolution of the wind velocity field during a sailing competition is crucial to be able to choose correctly in which region of the racing areas athletes need to sail to achieve the best sailing performances. To achieve this aim there are several distinct possible routes. One option is the direct numerical simulation of the wind velocity field employing the Navier-Stokes Equations, a set of non-linear differential equations describing the motions of an incompressible fluid. This approach is very sensitive to the initial and boundary conditions imposed. It would therefore require high resolution wind velocity fields both with respect to time and space. In addition the computations are really time-consuming. We hence chose an alternative route, based on data collection on the ground, *i.e.* on measurements of the wind velocity performed in Marseille, the venue for sailing competitions in the Olympic games. The wind data has been collected in the 18 months prior the Olympics employing wind sensors placed on all motorboats used by Swiss Sailing Team coaches during training sessions. Sensors were fixed on top of a mast at 2.5 m above the water line. All sensors and devices were regularly calibrated and maintained. The wind sensor was a WindSonic 75 from Gill Instruments which were set to register wind velocity at a frequency of 2 Hz (wind speed resolution 0.02 Knots (Kn) and wind direction resolution 1°. Globally, over 9.5 millions wind measurements have been performed collecting data during 165 days. Once the data collected we had to face 4 main challenges:

1. Reconstruction of single-day evolution
2. Identification of typical scenarios
3. Subdivision of measurement days in typical scenarios
4. Calculation of wind evolution in typical scenarios

1. Single-day evolution

The first issue that needs to be dealt with is the analysis of the data quality, *i.e.* the identification and elimination of potential spurious data. In order to perform this *data cleaning*, we introduce three data filters:

- a. **angular velocity filter:** we remove a measurement if the instantaneous angular velocity of the boat where the sensor is placed is larger $\omega_{max} = 30^\circ/s$;
- b. **linear acceleration filter:** we remove a measurement if the instantaneous linear acceleration of the boat is larger than $a_{max} = 20$ (km/h)/s;
- c. **velocity ration filter:** we remove a measurement if the instantaneous ratio of the velocity of the boat to the wind magnitude is larger than $r_{max} = 4$.

Once the data is cleaned, we average the measurements over a period $\Delta t_{av} = 20$ seconds. Next, we subdivide each day in 1-hour long *timezones* in order to reconstruct the time evolution with a time resolution of 1 hour. All averaged measurements belonging to each timezone are grouped together and measurements which are within 3 minutes of timezone boundaries are counted twice, in each of the neighbouring timezones. Finally, we use all measurements within a timezone to extrapolate the velocity of the wind on a cartesian grid, of spatial resolution of 0.1 miles, covering the whole Marseille bay where Olympic competitions have taken place. If a measurement of the wind velocity \mathbf{v}_l is taken at \mathbf{x}_l in timezone n , then the velocity $\mathbf{v}(\mathbf{x}_{ij})$ at gridpoint $\mathbf{x}_{ij} = (x_i, y_j)$ is given by the following expression

$$\mathbf{v}(\mathbf{x}_{ij}, t_n) = \frac{\sum_{l \in \mathcal{D}} w_l \mathbf{v}_l(t_n)}{\sum_l w_l}, \text{ where } w_l = w_l(\mathbf{x}_l, \mathbf{x}_{ij}) = e^{-\frac{(\mathbf{x}_l - \mathbf{x}_{ij})^2}{2\sigma^2}}$$

is the gaussian weight of measurement l at \mathbf{x}_{ij} , depending only on the distance $|\mathbf{x}_l - \mathbf{x}_{ij}|$, \mathcal{D} is the disc centered in \mathbf{x}_{ij} with radius $d = 0.4$ miles, and σ is equal to 0.3 miles. In other words, only measurements which fall within a distance d from grid point \mathbf{x}_{ij} are taken into account to determine the velocity in the latter and the weight of each measurement decreases exponentially with its distance to the grid point. This methodology allows to tackle the unavoidable sparsity in space and intermittency in time of the initial data collected by the boats of the coaches.

2. Identification of typical scenarios

In order to identify the scenarios of wind temporal evolution in the bay of Marseille, we have analysed the distribution of the data collected in terms of wind direction and magnitude. To analyse the latter, we have constructed polar plots by subdividing the plane in circular sectors defined by a radial amplitude $\Delta w = 6$ Kn and an angular amplitude $\Delta\theta = 20^\circ$ (see Figures 1 left and right). Each point in the plane potentially corresponds to the average value of the wind speed in a given timezone (1 pm - 2 pm, left), (2 pm - 3 pm, right), the distance from the centre being related to the wind magnitude, the angle indicating where the wind blows *from* (*e.g.* sector 50 corresponds to wind magnitude 12Kn $< w < 18$ Kn and direction $260^\circ < \theta < 280^\circ$, West). From Figures 1 (left) and (right) we identified 4 typical scenarios: wind blowing from North-West (NW), wind blowing from West (W), wind blowing from South-West (SW) and wind blowing from South-East (SE).

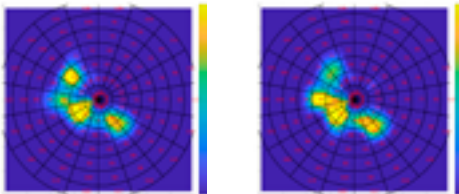


Figure 1: distribution of average wind speed between 1pm and 2 pm (left) and 2 pm and 3 pm (right). The color map indicates the number of days where the average wind speed falls in a given circular sector defined by a range of magnitude and direction.

3. Subdivision of measurement days in typical scenarios

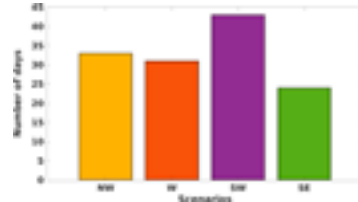


Figure 2: Number of days falling in each of the four identified scenarios: NW (Norh-West), W (West), SW (South West) and SE (South-East).

Once we have identified the four scenarios, we need to classify the days for which we have wind measurements. This classification is performed by observing the time evolution of the wind velocity during the day and by introducing an ad-hoc norm capable of grouping together days which have similar behaviour. Of the 165 days for which we have collected data, we have been able to classify 131 days, the number of days falling in each scenario is reported in Fig. 2. The statistical weight of each scenario is as follows: NW 25.2%, W 23.7%, SW 32.8%, SE 18.3%.

4. Calculation of wind evolution in typical scenarios

We report in Fig. 3 the time evolution of the NW scenario between 9 am and 7 pm: on the left the typical temporal evolution of the wind magnitude, on the right the evolution of the angle which the wind blows from. The evolution refers to the southern racing area named *Calanques*. The solid lines represent the temporal evolution of the average values of magnitude (blue) and angle (red), the dark-blue and dark-red shaded areas include the standard deviation of magnitude and angle, respectively. The dashed blue line on the left indicates the speed of the wind *gusts*.

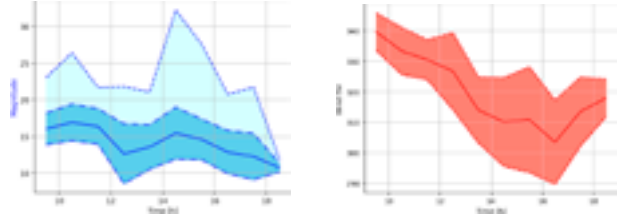


Figure 3: Temporal evolution of wind magnitude (left) and angle (right) for the NW scenario. The evolution describes the wind evolution on the racing area *Calanques*.

In Fig. 4 (left) we show the typical spatial distribution of the wind velocity field on the whole Marseille bay for the NW scenario at 1 pm. The black arrows show the wind direction, the values in black indicate the magnitude, the red values the wind direction. The colormap blue/dark green/light green/yellow indicates the wind magnitude at increasing values (yellow region indicates strongest winds). In the southern racing area *Calanques* the wind is stronger in the bottom left area. In fact, in Fig. 4 (right) we show in colours the trajectories of the crews leading a given race at the Olympic games in the category ILCA 6, when the wind was blowing from North-West at a time close to the timezone reported in Fig. 4 (left). The top 3 have all chosen to sail in the same area where our algorithm predicted a stronger wind, which indeed allows to sail faster.

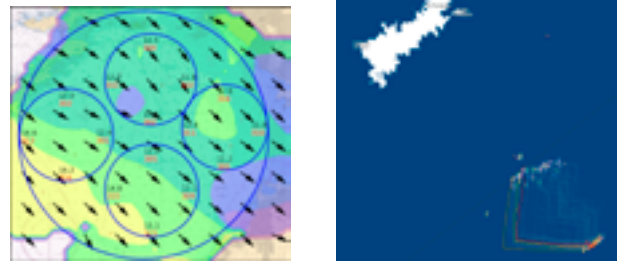


Figure 4: Left: Spatial behaviour of the wind velocity in the NW scenario at 1 pm over the whole Marseille basin. Right: Trajectories of the winning crews (in red the 1st, in orange the 2nd, in yellow the 3rd crews at arrival) in a given race at the Olympic Games in racing area *Calanques* (southern racing area) when the wind was blowing from North-West.

5. Conclusions

Employing the wind data collected by sailing coaches, via our numerical algorithm we have been able to determine the typical wind scenarios occurring in the venue of sailing competitions at the 2024 Olympic Games. The predicted wind velocity field has proven to be consistent with that observed in the Olympics, as winning crews have indeed sailed where we had predicted the strongest winds. In one particular case, the prediction elaborated by our algorithm allowed the Swiss crew to gain 16 positions within a race, granting them the access to the final.

Optimization of the athletes' downwind performance

Keyword : visualization, performance, optimization, downwind, sailing



Fig.1: Picture of Maud Jayet sailing downwind in Marseille - 2024 Olympics - © Sailing Energy

Introduction

Sailing is a sport that requires complex equipment; to achieve the best performance, athletes can't rely only on their physical abilities, they must also know their support and **which setting is best** for their overall performance through the different wind and sea state conditions.

In a sailing competition, athletes must follow a course defined by buoys which they must round. In one part of the course, when the wind comes from behind the boat, they sail **downwind**.

Nowadays, some web analysis time-intensive platforms can be used to visualize sailing performance during training sessions, but athletes need **quick results** with all the information they require.

The goal of our project was to create a dashboard to **enable the visualization** of the athletes' performances in ILCA 6 to determine these optimal settings for downwind.

So what !?

- Quick and understandable visualization of all graphs including colour-coding for parameters
- Analyze the athletes' performances identifying the optimal settings in the function of conditions
- Compare the athletes' performances with each other or with previous or future sessions

How to visualize the athletes' performances to optimize downwind speed?

Method

The research was conducted on **ILCA 6 dinghies** during the **downwind sessions** to analyze the athletes' performances.

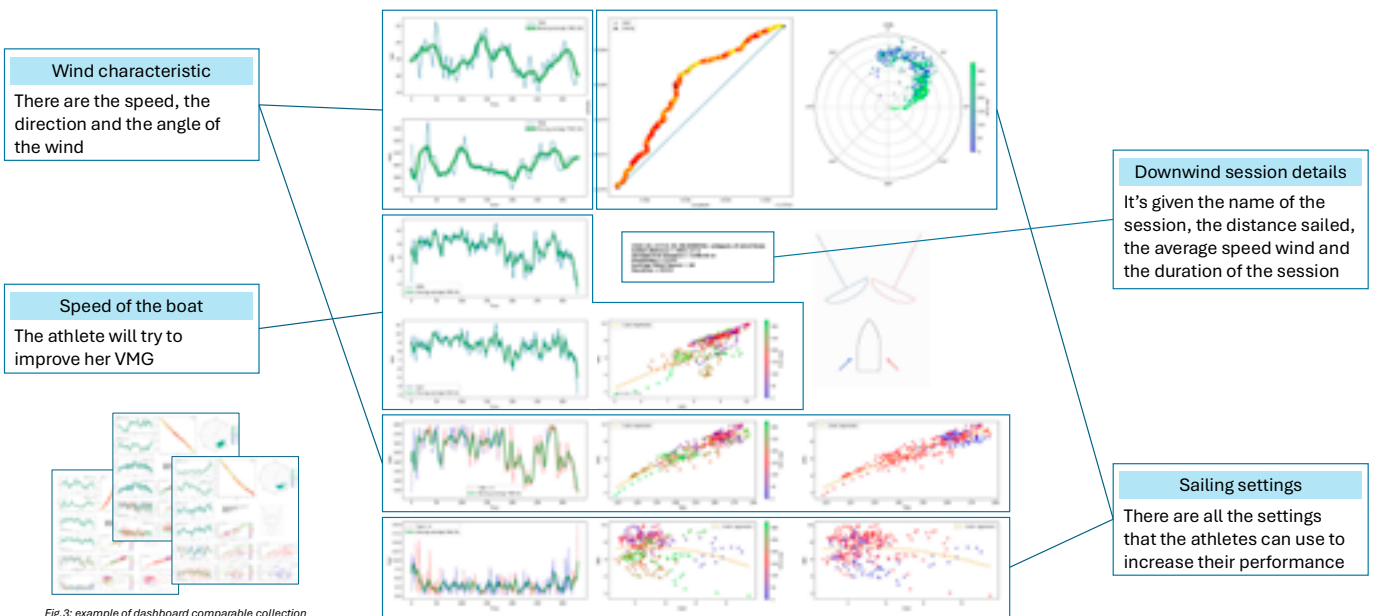
Each boat was equipped with a GPS and IMU logging device named Atlas 2 from Vakaros to **collect training data**. Wind data were collected on the coach motorboat via a WindBot device from Riedel Communications. The inference method was used to gather the data collected from each sailing boat and the wind data. A protocol of proximity and positioning was in place to guarantee the quality of the inference.

Wind strength and direction (TWD, TWS), course and speed over ground (COG, SOG), heel, true wind angle (TWA) and velocity made good (VMG) were the main tracked parameters. The optimization targets the max VMG. The website sailjord.com was used for data gathering and recombination, then transformed into CSV files.

The dashboard is then generated by a **Python code**. The data is filtered to only retain the downwind sessions and to remove any potential capsizes. Next, there were discussions with the athlete to choose which **visualization** was more understandable and best met their requests (colour-coding, regressions, graph types).

Result

The result of the Python code is the dashboard below (fig.2). Each downwind session or leg is then represented comparably, highlighting the optimums (fig.3).



Conclusion

In conclusion, the dashboard enables the **visualization of athletic performances**. All graph details were tailored to athletes' requests, maximizing the transfer of information and understanding. This visualization helps to find the **optimal settings** and to **compare** the athletes' performances in the downwind sessions so athletes can improve their results.

SMART COMPETITIONS IM SKI ALPIN

EINE PILOT STUDIE

Brügger, S.^{1,2}, Romann M.¹ Bruhin, B.^{1,2}

¹Eidgenössische Hochschule für Sport Magglingen, Switzerland ²Swiss-Ski, Home of Snowsports, Worblaufen/Switzerland

Keywords: **Smart Competitions, Talententwicklung, Ski Alpin**; Kontakt: stefan.bruegger@swiss-ski.ch

Einleitung

Wettkampfformate im Nachwuchs des alpinen Skirennsports entsprechen früh denjenigen von Ski-Superstars wie Marco Odermatt. Doch sind diese altersgerecht und förderlich für den Nachwuchs?

Organisierte Sportwettkämpfe sind nach Theodoulides und Armour (2001) grundsätzlich so aufgebaut, dass Gruppen oder Klassen selektioniert werden. Dennoch wird in vielen Ländern in den Nachwuchssport investiert, auf der Grundidee, die Entwicklung der Kinder und Jugendlichen dadurch zu fördern. Sport- und Wettkampfformate, welche mehrere Bereiche (bspw. Talent- sowie Persönlichkeitsentwicklung) einhalten, sind laut Coalter (2007) besonders wirksam. Côté (2016) zog diesen Ansatz noch etwas weiter und definierte «Smart Competition» anhand der Bereiche Teilnahme, Persönlichkeit und Leistung nach der Entwicklungstheorie von Lerner (2003).

Ziel

Ziel der Studie war es, das aktuelle Wettkampfformat in der Disziplin Riesenslalom des schweizerischen Skiverbandes Swiss-Ski mit einem optimierten Wettkampfformat (Riesenslalom, Parallelslalom, Stangenwald und Skating⁸) zu vergleichen.

Methode

13 Skirennfahrerinnen und acht Skirennfahrer (9.3 ± 0.9 Jahre) nahmen an der Pilotstudie teil. Anhand von Daten aus Global Navigation Satellit System Sensoren wurden beide Wettkampfformate mittels der Parameter: **Bewegungszeit** innerhalb und ausserhalb des Wettkampfes, **Anzahl Durchgänge**, **gefahrene Kurven** und **persönliches Erlebnis** miteinander verglichen. Die Daten wurden mittels Student's t-Test, Wilcoxon Rang Test und Cohen's *d* Effektstärken verglichen.

Geländeskizzen beider Wettkampfformate

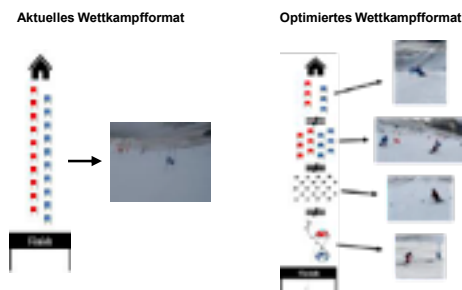


Abbildung 1. Zeichnungen beider Wettkampfgelände.

Resultate

Bei der aktiven Bewegungszeit⁽¹⁾, der Wettkampfzeit⁽²⁾, Anzahl Durchgängen⁽³⁾ und Kurven⁽⁴⁾ konnten signifikante Unterschiede aufgezeigt werden ($p = < .000$ ⁽¹⁾; $< .000$ ⁽²⁾; $< .000$ ⁽³⁾; $< .000$ ⁽⁴⁾).

Anhand des Fragebogens zum persönlichen Wettkampferlebnis (Tabelle 2) konnte ein bedeutender Unterschied zur Freude am Wettkampfformat ($p = .020$) mit mittlerer Effektstärke nach Cohen ($d = 0.33$) festgestellt werden.

Unterschiede beider Wettkampfformate

Tabelle 1

	Aktuelles Wettkampfformat		Optimiertes Wettkampfformat		d (Cohen)
	MW	SD	MW	SD	
Aktive Bewegungszeit [s]	228.61	23.58	640.25	61.52	-0.98*
Wettkampfzeit [s]	67.60	9.00	316.50	40.22	-0.97*
Anzahl Durchgänge [n]	1.99	0.02	4.52	0.51	-0.96*
Anzahl Kurven [n]	39.86	0.48	123.81	17.52	-0.96*

Anmerkungen. MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung; Signifikante Unterschiede ($p < .05$) sind fett markiert und mit spezifischen Symbolen (*) gekennzeichnet.

Persönliches Erlebnis

Die Kinder wurden jeweils nach Beenden des Wettkampfes anhand von zwei Fragen zum persönlichen Empfinden und dem Wettkampf Erlebnis befragt. Um die Aufnahme der Antworten für die Kinder zu vereinfachen, wurden kindergerechte Smileys als Skala eingesetzt (Beck & Dreiskämper, 2019).

Tabelle 2

	MW	SD	d (Cohen)
Freude am Wettkampfformat			
Aktuelles Wettkampfformat	4.62	0.50	
Optimiertes Wettkampfformat	4.91	0.30	-0.33*
Würde den Wettkampf nochmals machen			
Aktuelles Wettkampfformat	4.62	0.67	
Optimiertes Wettkampfformat	4.67	0.48	-0.04

Anmerkungen. MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung; Signifikante Unterschiede ($p < .05$) sind fett markiert und mit spezifischen Symbolen (*) gekennzeichnet.

Diskussion und Konklusion

Im optimierten Wettkampfformat konnte die aktive Bewegungszeit um 180% gesteigert werden. Der Vergleich der zeitlichen Entwicklung zeigte auf, dass die Laufzeit über die einzelnen Durchgänge im optimierten Format verbessert wurde.

Durch ein optimiertes Wettkampfformat konnten die untersuchten Parameter aktive Bewegungszeit, Wettkampfzeit, Anzahl Durchgänge sowie Anzahl Kurven erhöht werden.

SO WHAT !?

Durch die Erhöhung der aktiven Bewegungszeit im Wettkampf erhalten Nachwuchsathleten*innen mehr Zeit um aktiv Skifahren zu können. Durch die zeitliche Entwicklung über mehr als nur zwei Durchgänge wird die individuelle Leistungsentwicklung gefördert. Des weiteren wird durch die Erhöhung der Anzahl Durchgänge und Kurven im Wettkampf die skitechnischen Fähigkeiten gefördert. Die Pilotstudie gilt als Grundlage zur Implikation eines neuen Wettkampfformates bei Swiss-Ski.

Referenzen

Beck, J., & Dreiskämper, D. (2019). Selbstbestimmte Motivation im späten Kindesalter: Zusammenhang mit Sportvereinspartizipation und psychologischen Basisbedürfnissen. *Zeitschrift für Sportpsychologie*, 26(1), 3–14. <https://doi.org/10.1026/1612-5010/a000251>

Coalter, F. (2007). *A Wider Social Role for Sport: Who's Keeping the Score?* Routledge.

Côté, J., & Hancock, D. J. (2016). Evidence-based policies for youth sport programmes. *International Journal of Sport Policy and Politics*, 8(1), 51–65. <https://doi.org/10.1080/19406940.2014.919338>

Lerner, R. M., Dowling, E. M., & Anderson, P. M. (2003). Positive Youth Development: Thriving as the Basis of Personhood and Civil Society. *Applied Developmental Science*, 7(3), 172–180. https://doi.org/10.1207/S1532480XADS0703_8

Theodoulides, A., & Armour, K. M. (2001). Personal, Social and Moral Development through Team Games: Some Critical Questions. *European Physical Education Review*, 7(1), 5–23. <https://doi.org/10.1177/1356336X010071004>

Empathy enhances the coach's communication with the athlete

Psychological assessment of empathic accuracy as a basis for efficient leadership in elite sports, a case study

SO WHAT?

- Empathy is crucial for coaches to safeguard gymnasts' mental health and enhance coaching effectiveness
- Targeted interventions can improve coaches' leadership style, fostering a healthier and more respectful coaching environment

Introduction:

Following the revelations of inappropriate training practices in gymnastics (the Magglingen Protocols), safeguarding the physical and mental health of athletes has become a critical issue in Swiss competitive sports. According to recommendations by Mountjoy et al. (2016) [1] and Gojanovic et al. (2021) [2], prevention efforts focused on the athlete environment, particularly coaches, are among the most appropriate approaches to safeguarding.

Research in leadership suggests that emotional intelligence [3] displayed by coaches is associated with sustainable performance and well-being of their athletes [4]. The awareness and mastery of a coach's own emotions, combined with the capacity to empathize with the athletes' emotions, leads to better connections and more efficient communication [5].

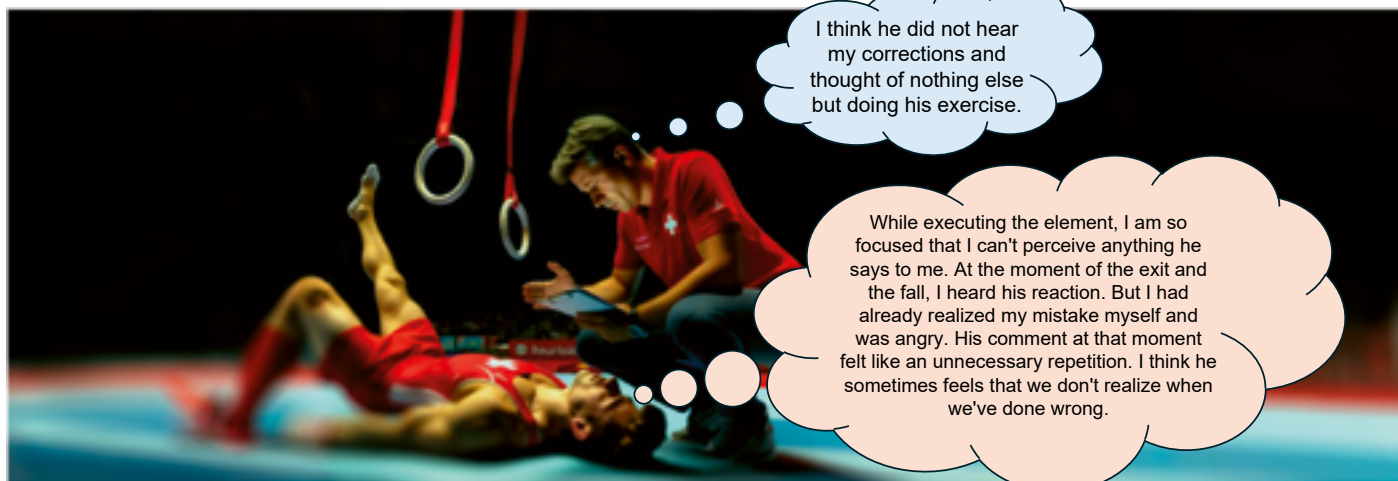
This study focuses on the observation and assessment of a gymnastics coach accused of inappropriate behaviour (aggressive language) towards his gymnasts. Specifically, we examined the coach's empathic accuracy [6], a key component of emotional intelligence, to set the stage for a psychological intervention.

Methods:

Population: 1) one coach of the Junior gymnastics national team, and 2) one gymnast on the male Junior gymnastics national team.

Instrument: Empathic accuracy [6] was evaluated by comparing the coach's and gymnast's perceptions of filmed verbal interactions. Based on how closely the coach's assessment resembled the emotional state reported by the gymnast, the sports psychologist assigned an empathic accuracy score between 0 and 2, where 0 = no resemblance, 1 = approximate match, and 2 = complete match.

Procedure: The coach was filmed in 7 different situations involving verbal interaction with the gymnasts during a training session. These situations were then presented by the sports psychologist to a) the coach, who described his perceptions of a gymnast's emotions and thoughts during the interaction and b) the gymnast, who described his own emotions and thoughts. For this report, we focus on one particular sequence, Situation A, involving a fall on the rings during preparation for the Junior European Championships.



Results

Situation A: The filmed sequence shows the coach immediately addressing the gymnast with corrections as he lies on the mat after his fall from the rings. The following are the protagonists' comments.

Empathic accuracy scores

- Empathic accuracy score for Situation A: 1
- Total empathic accuracy score for all situations (possible maximum score of 14): 7

Interpretation

By showing a tendency to overestimate his understanding of the gymnast's experience, the coach fails to consider the gymnast's emotional state. His lack of empathy stems from his belief that his long experience in gymnastics allows him to quickly guess the gymnast's feelings, and that top-level gymnastics focuses primarily on performance optimization rather than athletes' feelings. Unaware of the gymnast's anger, the coach's words are not perceived as useful and amplify the gymnast's perception of the coach's inadequacy. This difference in perception can generate tension and negatively affect the training climate and the athlete-coach relationship. Understanding the right timing of feedback is critical.

Conclusions

- The case study provided a detailed profile of coach leadership based on emotional intelligence, revealing critical points requiring targeted intervention
- Based on this assessment, intervention models targeting coach's emotional intelligence will foster efficient leadership, for instance through mindfulness-based approaches, as suggested by previous studies [7]

Reference

- [1] Mountjoy et al. (2016). International Olympic Committee consensus statement: Harassment and abuse (non-accidental violence) in sport. *British Journal of Sports Medicine*, 50(17), 1019–1029. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096121>
- [2] Gojanovic et al. (2021). Health4Sport: 13 safeguarding principles so that young athletes can thrive in multidisciplinary sporting environments. *British Journal of Sports Medicine*, 55, bjsports-2021. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2021-104699>
- [3] Salovey, P., & Mayer, J. D. (1990). Emotional Intelligence. *Imagination, Cognition and Personality*, 9(3), 185–211. <https://doi.org/10.2190/DUGG-P24E-52WK-6CDG>
- [4] Chan, J., & Mallett, C. (2011). The Value of Emotional Intelligence for High Performance Coaching. *International Journal of Sports Science and Coaching*, 6, 315–328. <https://doi.org/10.1260/1747-9541.6.3.315>
- [5] Thelwell, R., Lane, A., Weston, N., & Greenlees, I. (2011). Examining relationships between emotional intelligence and coaching efficacy. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, 6. <https://doi.org/10.1080/1612197X.2008.9671863>
- [6] Ickes, W. (2001). Measuring empathic accuracy. In *Interpersonal sensitivity: Theory and measurement* (pp. 219–241). Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- [7] Piffaretti, M., Castelletti, M., Carr, B., & Rochat, D. (2021). Developing team leaders' hearts and minds: Links between athlete mindfulness, emotional intelligence, and leadership. *Swiss Olympic Science Award 2021. Book of Posters*, 8.

So What?
- Muskuläre Vorspannung vor der Schlagausführung während der Schlagbewegung beachtliche Unterschiede auf. Diese zeigen sich insbesondere bei der Rotation des Beckens und des Thorax sowie bei der Flexion im Schulter- und Ellbogengelenk (vgl. Tabelle 1).
- Koordinierte Schnellkraftbewegungen für Rumpf und Arm trainieren, um die Schlaggeschwindigkeit zu erhöhen.
- Individuelle Bewegungsmuster durch biomechanische Analysen finden.

Pilotstudie: Kinematische 3D-Analyse von drei verschiedenen Gyaku-Zuki Faustschlagvarianten im Karate

Amelie Schneider ¹, Beat Göpfert ²

¹ Kantonschule Aplenquai Luzern, ² Departement Biomedical Engineering, Universität Basel,

Keywords: Karate, 3D-Bewegungsanalyse, Bewegungsparameter, Geschwindigkeit der Hand,

Einleitung

Die Geschwindigkeit und Präzision der Karate-Bewegungen sind von entscheidender Bedeutung, um den Gegner erfolgreich zu treffen und den Kampf zu gewinnen. Dabei kann die Effektivität eines Treffers maßgeblich von geringfügigen Variationen im Bewegungsablauf abhängen.

Im Rahmen der Pilotstudie wurde mittels optischer 3D-Bewegungsanalyse die Effektivität von drei Varianten des Gyaku-Zuki-Faustschlags in der Zenkutsudachi-Stellung evaluiert. Ziel der Pilotstudie war die Untersuchung des Bewegungsumfanges sowie der Geschwindigkeit der Hand beim Auftreffen auf das Ziel.

Fragestellung

Welche kinematischen Unterschiede gibt es beim Schlagarm beim Gyaku-Zuki-Faustschlag im Shito-Ryu-Stil in der Zenkutsudachi-Stellung?

Methode

Ein erfahrener Athlet (6. Dan, 40J., 86,7kg, 182cm) wurde beim Ausführen eines Gyaku-Zuki-Faustschlags erfasst. Die Erfassung erfolgte mittels optischer 3D-Bewegungsanalyse (Vicon Nexus 2.9, 12 Kameras, Framerate: 250 Hz, Ganzkörper-Markernmodell CGM2 [Leboeuf et al., J Biomech. 2019]). Der Athlet führte folgende Schlagvarianten des Gyaku-Zuki in der Zenkutsudachi-Stellung mit dem rechten Arm aus:

- **Variante 1:** Die Frontalebene des Beckens steht parallel zur Trefferfläche. Der Thorax hat eine leichte Verdrehung gegenüber dem Becken nach rechts. Die Schulter und der angewinkelte Schlagarm führen zuerst eine Rückwärtsbewegung aus, um dann die Hand mit maximaler Geschwindigkeit in Richtung Ziel zu führen.



Abb.1: Roter Pfeil: indiziert Körperbewegung nach hinten
Blauer Pfeil: indiziert Körperbewegung nach vorne resp. zum Ziel/Schlagkissen

- **Variante 2:** In der Ausgangsstellung ist auf der Seite der Schlaghand (rechts) das Becken (ca. 60°) und der Oberkörper (ca. 75°) weg vom Ziel rotiert. Die Schlaghand liegt auf einer Linie mit der Frontalebene des Beckens. Arm und Hand bewegen sich ohne Umschweife direkt auf das Ziel zu.



Abb.2: Roter Pfeil: indiziert Körperbewegung nach hinten
Blauer Pfeil: indiziert Körperbewegung nach vorne resp. zum Ziel/Schlagkissen
Blaue gepunktete Linie: vertikale Ausrichtung von Schulter und Hüfte

- **Variante 3:** In der Ausgangsstellung ist auf der Seite der Schlaghand das Becken (ca. 45°) und der Oberkörper (ca. 60°) weg vom Ziel rotiert. Die Schlaghand liegt mit der Frontalebene des Beckens auf einer Linie. Arm und Hand bewegen sich direkt auf das Ziel zu, während das Becken in Richtung des Ziels bewegt wird. In der Ausgangsposition wird die Muskulatur angespannt, um den Schlag effektiver zu machen.



Abb.3: Roter Pfeil: indiziert Körperbewegung nach hinten
Blauer Pfeil: indiziert Körperbewegung nach vorne resp. zum Ziel/Schlagkissen

Messablauf:

Der Athlet begibt sich in die Ausgangsposition. Das Schlagkissen wird von einer zweiten Person auf Brusthöhe in einem Abstand von ca. 70 cm von der linken Beckenseite des Athleten gehalten. Der Athlet führt jede der drei Schlagvarianten zehnmal mit selbstgewählten Pausen zwischen den Schlägen durch.



Datenauswertung:

Die 3D-Bewegungen der Marker werden mittels CGM2-Modell in 3D-Kinematik und Winkelverlauf des Beckens, Thorax, Ober- und Unterarms sowie der Hand der Schlagseite während des Schlags umgerechnet. Anschliessend wird der Mittelwert über die zehn Wiederholungen gebildet.

Resultate

Die Resultate der drei untersuchten Schlagvarianten weisen beim Bewegungsumfang während der Schlagbewegung beachtliche Unterschiede auf. Diese zeigen sich insbesondere bei der Rotation des Beckens und des Thorax sowie bei der Flexion im Schulter- und Ellbogengelenk (vgl. Tabelle 1).

Die Ergebnisse der drei Schlagvarianten zeigen, dass sich der Weg der Hand während der Vorwärtsbewegung des Schläges und die Treffergeschwindigkeit unterscheiden. Die Endposition der Gelenkwinkel zeigt zum Zeitpunkt des Auftreffens der Hand auf dem Schlagkissen nur kleine Winkelunterschiede, ausgenommen für die Flexion und Abduktion des Oberarms.

Tab.1: Kinematische Messwerte	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Einheit
Ausgangsposition zu Schlagbeginn				
Flexion Ellbogen	104	82	98	Grad
Flexion Schulter-Oberarm	75	-31	-20	Grad
Abduktion Schulter Oberarm	12	19	23	Grad
Rotation Thorax	-20	-76	-60	Grad
Rotation Becken	-4	-57	-48	Grad
Verdrehung Becken zu Thorax	-16	-19	-12	Grad
Position beim Treffer				
Flexion Ellbogen	70	69	71	Grad
Flexion Schulter-Oberarm	35	30	26	Grad
Abduktion Schulter Oberarm	51	62	68	Grad
Rotation Thorax	15	15	18	Grad
Rotation Becken	13	14	15	Grad
Verdrehung Becken zu Thorax	2	10	3	Grad
Bewegungsumfang zwischen der Ausgangsposition und der Position beim Treffer				
Extensionsbewegung des Ellbogens	33	13	27	Grad
Extensionsbewegung zwischen Schulter-Oberarm	41	61	46	Grad
Abduktion zwischen Schulter Oberarm	38	43	45	Grad
Rotationsbewegung des Thorax	34	91	78	Grad
Rotationsbewegung des Beckens	17	71	63	Grad
Kinematische Daten				
Dauer Bewegungsauslösung bis Treffer auf Pad	0.59	1.00	0.59	sec
Dauer der Vorwärtsbewegung der Hand beim Schlag	0.19	0.23	0.03	sec
Weg der Hand für den Schlag	863	1110	927	mm
Geschwindigkeit	9.87	10.19	11.28	m/sec

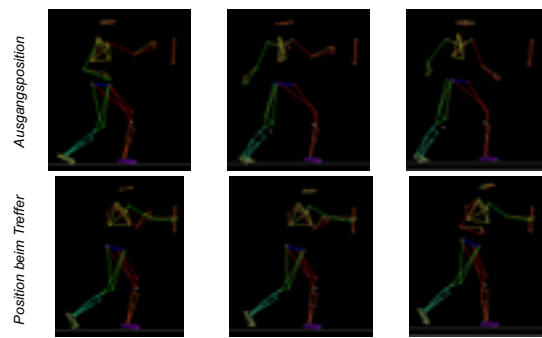


Abb.4: 3D-Markernmodell des Probanden in der Software des Bewegungsanalyse-Systems in der Ausgangsposition vor der Schlagvariante und in der Position beim Treffer auf dem Schlagkissen.

Schlussfolgerungen: Unterscheide zwischen den 3 Varianten

Variante 1 hat einen grösseren Bewegungsumfang über die Gesamtbewegung, weil der Rumpf zuerst zurückgedreht wird, bevor er sich in die Schlagrichtung bewegt. Dieser Richtungswechsel verlangt eine bessere Bewegungskoordination und führt zu einer kleineren Treffergeschwindigkeit.

Variante 2 hat den grössten Bewegungsweg für die Hand. Diese Bewegung wird durch eine grössere Rotation im Rumpf (Thorax und Becken) und eine grössere Flexion im Schultergelenk erreicht. Dadurch wird eine etwas grössere Treffergeschwindigkeit beim kleinsten Bewegungsumfang im Ellbogen in den drei Varianten erzielt.

Variante 3 hat die grösste Treffergeschwindigkeit der drei Varianten und eine kleinere Rotationsbewegung im Rumpf sowie eine geringere Flexion im Schultergelenk im Vergleich zu Variante 2 und eine kleinere Ellbogenbewegung verglichen zu Variante 1.

Tab. 2: Definition der Winkel im CGM2-Markernmodell	
Flexion Ellbogen	0°: Ellbogen gestreckt, 90°: Rechter Winkel im Ellbogen
Flexion Schulter-Oberarm	0°: Oberarm ist Parallel zum Thorax, 90°: Oberarm zeigt Waagrecht nach vorne
Abduktion Schulter Oberarm	0°: Oberarm ist Parallel zum Thorax, Hand zeigt nach unten, 90°: Oberarm zeigt seitlich, rechtshändig vom Thorax weg
Rotation Thorax	0°: Parallel zum Schlagkissen, - vom Schlagkissen weggedreht, + zum Schlagkissen gedreht
Rotation Becken	0°: Parallel zum Schlagkissen, - vom Schlagkissen weggedreht, + zum Schlagkissen gedreht
Verdrehung Becken zu Thorax	-: Thorax ist gegen rechts gedreht bezüglich des Beckens, +: Thorax ist gegen links gedreht bezüglich des Beckens