

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, Worbladen; 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 ein/e 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 Vorfahrvideo, 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?

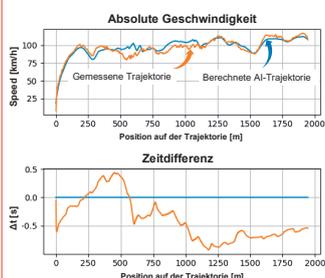
1 Zentimeter-genaue Messung der Rennstrecke mittels LIDAR/Fotogrammetrie (Hubschrauber- oder Drohnenflug) und Erstellung eines realitätsnahes 3D-Modells (Multi-Auflösung und Multi-Block)

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

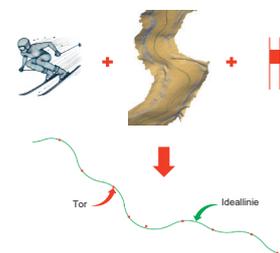
1. Entwicklung des Skifahrers-KI-Modell (physikalische Parameter, GNSS-Trajektorien)



Graph 1: Super-G St-Moritz 2022: Vergleich zwischen AI-Berechnete und gemessene Vorläufer-Trajektorie



2. Berechnung der Ideallinie (unter Berücksichtigung des 3D-Modells der Piste und der Torsetzung)

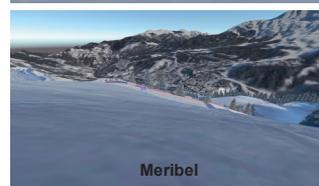


3. VR-Integration (in ein realitätsnahes 3D-Modell in Hochauflösung)



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