

Data-Science im Spitzen-Skirennsport

Entwicklung eines modellbasierten Key-Performance-Indikators für den Super-G

Diplomand



Marco Pleisch

Ziel der Arbeit: In dieser Bachelorarbeit wurde ein modellbasierter Key-Performance-Indicator (KPI) für den Schweizer Skirennsport zur genaueren Analyse von Trainings- oder Wettkampfläufen im alpinen Skirennsport entwickelt. Um zu beurteilen, wie gut ein Lauf einer Rennfahrerin auf jedem Streckenabschnitt ausgeführt wurde, wurden GPS-Daten von Trainings- und Wettkampfläufen (Trajektorien) vermessen und mit dem bestmöglichen Lauf einer virtuellen Rennfahrerin verglichen. Diese virtuelle Rennfahrerin basiert auf einem dynamischen mathematischen Modell einer Skifahrerin, welcher unter optimalen Bedingungen dieselbe Strecke abfahren würde. Die aufgenommenen Rohdaten des Geländemodells wurden von der HEIG-VD in Yverdon und die GPS-Daten der Läufe von der Firma Insiders.live SA in Lausanne vorverarbeitet. Die GPS-Daten der Trajektorien wurden mit 10Hz aufgenommen. Da im alpinen Skirennsport allerdings Hundertstelsekunden über Sieg oder Niederlage entscheiden, werden diese Trajektorien erst mit einem Savitzki-Golay Filter geglättet und anschliessend hochgesampelt.

Vorgehen / Technologien: Für die spätere Analyse wird die Trajektorie in Segmente unterteilt, sodass jedes Segment einer Kurve zugeordnet und unabhängig voneinander analysiert werden kann. So kann später genauer bestimmt werden, in welchem Streckenabschnitt der/die Skirennfahrer/-in Verbesserungspotential besitzt.

Als Grundlage für die Berechnungen dient ein vereinfachtes physikalisches Modell, in welchem der/die Skirennfahrer/-in als Punktmasse angenommen wird. Dabei wirken folgende Kräfte auf den/die Skirennfahrer/-in:

- Die Gewichtskraft des/der Skirennfahrer/-in (F_G), welche in einen Teil tangential zur Trajektorie (F_V) und einen Teil senkrecht zur Trajektorie (F_N) aufgespalten wird
- Die Zentrifugalkraft des/der Skirennfahrer/-in in den Kurven (F_P)
- Die Reibkraft zwischen Ski und Piste (F_R)
- Der Luftwiderstand (F_L)

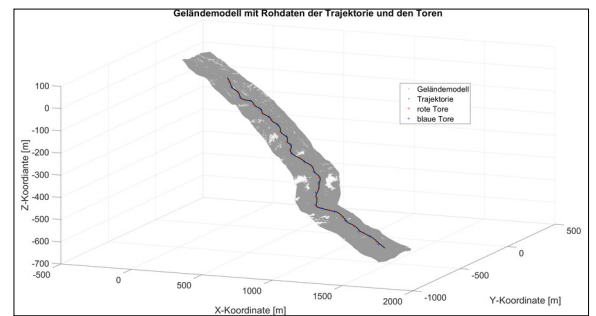
Unter Zuhilfenahme von Newton II wird eine Bewegungsgleichung hergeleitet. Durch Lösen dieser Differenzialgleichung kann die maximal mögliche Endgeschwindigkeit für jedes Segment berechnet werden.

Fazit: Das entwickelte Werkzeug ermöglicht es den Trainer/-innen vom Schweizer Skiverband gezielt Streckenabschnitte zu identifizieren, welche von den Athlet/-innen sehr gut oder schlecht gefahren wurden. Ausserdem gibt Ihnen die maximal mögliche Ausfahrtsgeschwindigkeit je Segment einen Anhaltspunkt, wie weit die Athlet/-innen von der idealen Fahrt entfernt sind.

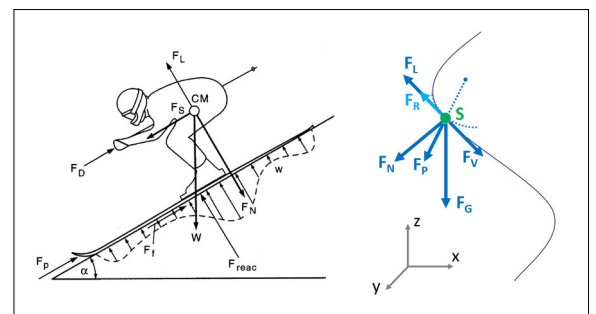
Mittels zusätzlichen Daten und einer Erweiterung der Reibmodelle für unterschiedliche Streckenabschnitte (Gleiten, Carven, Steilkurve etc.) kann das Modell des

virtuellen Skifahrers oder der virtuellen Skifahrerin weiter verbessert und detailliert werden, sodass auch sehr inhomogene Streckenabschnitte besser beurteilt werden können.

Visualisierung der Strecke des Weltcup Super-G 2022 der Frauen in St. Moritz (Geländemodell, Trajektorie und Tore)
Eigene Darstellung

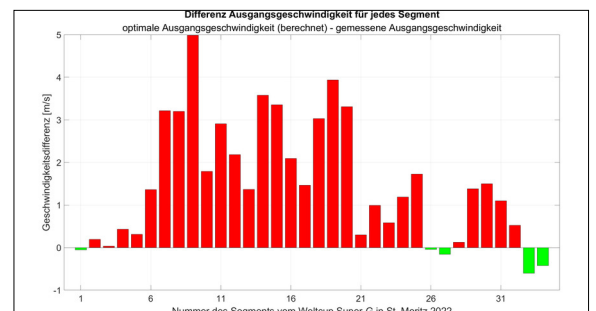


Modell mit den Kräften F_G , F_V , F_N , F_P , F_R und F_L
L: aus "The Physics of Skiing" (Lind u. Sanders, 2004) R: MP



Differenz zwischen optimaler Ausgangsgeschw. und gemessener Ausgangsgeschw. für eine Trajektorie des Weltcup

Eigene Darstellung



Referent
Prof. Dr. Christoph Würsch

Korreferent
MSc Physik ETHZ
Nicola Notari

Themengebiet
Computational
Engineering

Projektpartner
Prof. Dr. Martin Bünner,
Institut für
Computational
Engineering ICE