

# Entwicklung eines Optical Ground Speed Sensors an einem autonom fahrenden Formula Student Rennauto

Jonas Schenke Jonas.Schenke@elbflorace.de // Niklas Leukroth // Fabian Ackerman // Fritz Hermann Hommel // elbflorace.de

## Motivation

Um Rennfahrzeuge effektiv kontrollieren und steuern zu können, benötigt es präzise Sensoren, die Informationen über Position, wirkende Kräfte und Geschwindigkeiten bieten. Diese Notwendigkeit findet vor allem im autonomen Fahren ihren Einfluss und ist die Kernmotivation der vorgestellten Forschungsarbeit.

Dabei findet die Forschung im Rahmen der TU Dresden Hochschulgruppe Elbflorace statt, die durch aktive Entwicklung von Formula Student Rennautos eine optimale Plattform für Forschung in dieser Richtung bietet.

Einer der existierenden Sensoren ist ein sogenannter Optical Ground Speed Sensor, der über die optische Bewegung des Fahrzeugs in Relation zum Boden die Geschwindigkeit in **x**- und **y**-Richtung messen kann.

Bereits existierende Lösungen sind sehr teuer und nicht auf die speziellen Anforderungen von Formula Student Rennautos zugeschnitten, eine Problematik, die die vorgestellte Lösung beantwortet.



Abbildung 1

## Technische Implementierung

Der Sensor nutzt eine Hochgeschwindigkeitskamera, die kontinuierlich mit 30 cm Abstand den Boden filmt. Dabei wird auf eine künstliche Beleuchtung im Infrarot-Bereich gesetzt, durch die der Sonneneinfluss auf die Beleuchtung minimiert werden kann. Dadurch ist der Sensor in allen Belichtungsbedingungen zuverlässig funktional.

Für die Geschwindigkeitsauswertung werden Interessensregionen (**RoI**) definiert, deren Verschiebung von Bild zu Bild über ein Pattern Matching Verfahren gemessen wird. Anhand der vergangenen Zeit zum letzten Bild kann so die Geschwindigkeit des Fahrzeugs extrapoliert werden.

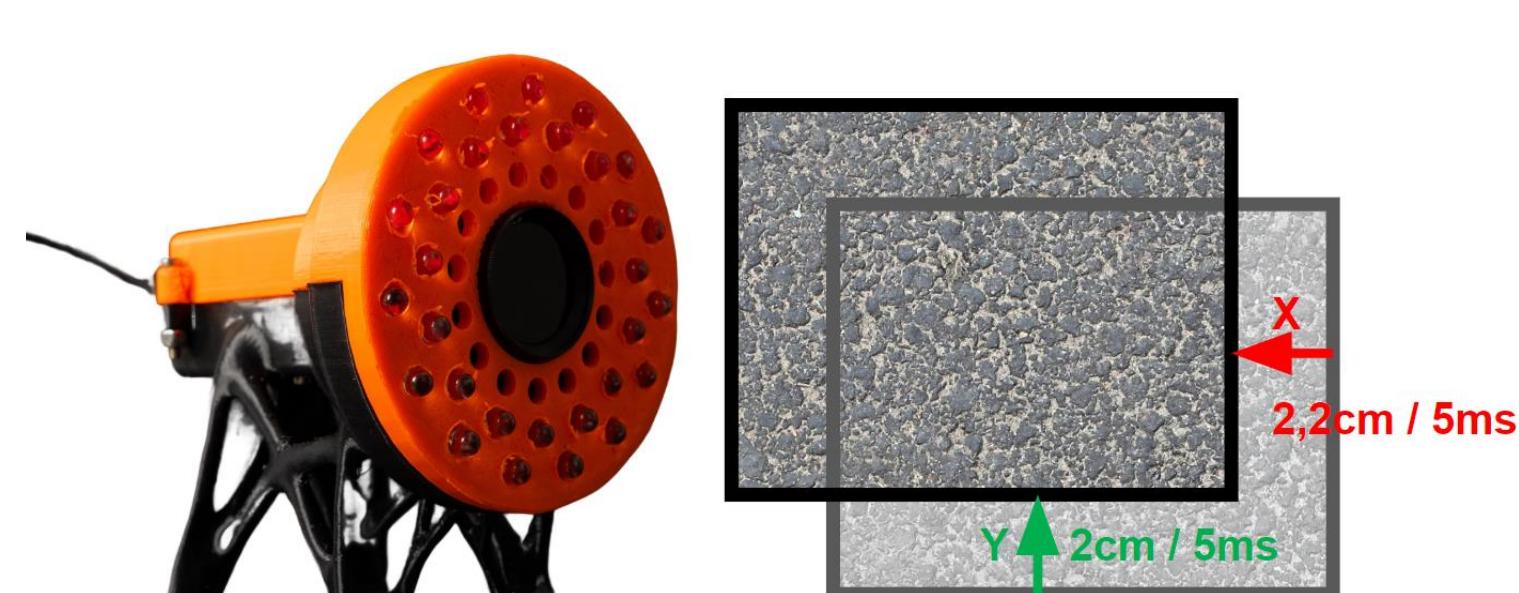


Abbildung 2

## Evaluation

Die Evaluation des Sensors konnte direkt an dem aktuellen Fahrzeug von Elbflorace durchgeführt werden, sodass die Ergebnisse unter Berücksichtigung von Realbedingungen analysiert werden können.

Um eine reproduzierbare Grundlage für die Auswertung zu bieten, wurden über das autonome System des Fahrzeugs feste Lenk- und Geschwindigkeitsabläufe abgefahren.

Anknüpfend an die bestehende Auswertung bietet sich ein Vergleich mit bestehenden State of the Art Lösungen als natürlicher nächster Schritt an.

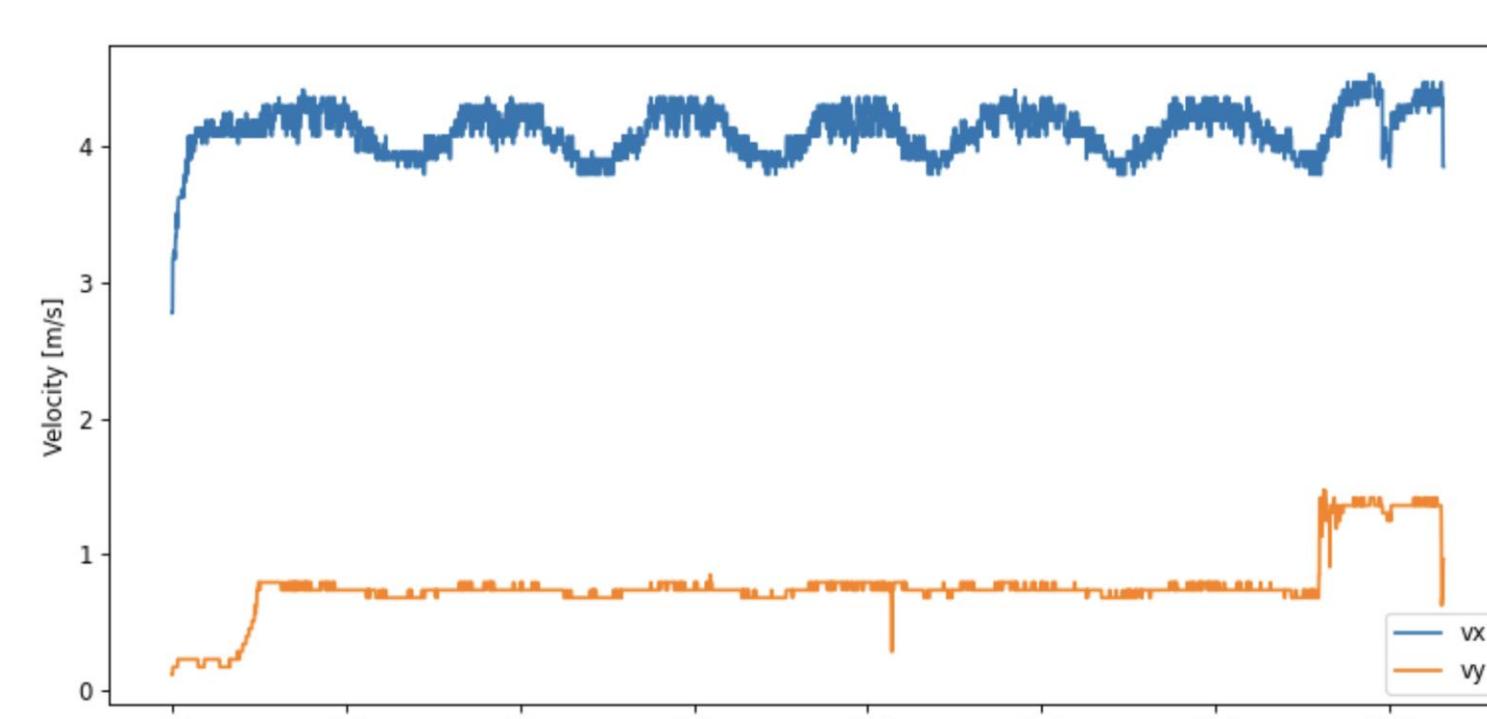


Abbildung 3

## Diskussion

Während der Sensor bei niedrigen Geschwindigkeiten bis **5 m/s** sehr gute Ergebnisse liefert, muss ein zunehmendes Rauschen in der Auswertung bei höheren Geschwindigkeiten festgestellt werden.

Dies ist auf den Einfluss von weggefallenen Bildern zurückzuführen, die ein erfolgreiches Pattern Matching nicht möglich machen, da die **RoI** im nachfolgenden Bild nicht mehr vorhanden ist.

Das Problem kann über ein größeres Field of View der Kamera gelöst werden. Dafür wird allerdings eine gleichmäßige Belichtung benötigt, deren Auslegung noch Stand der aktuellen Forschung ist.

Des Weiteren wird aktiv ein neuer Ansatz verfolgt, die Geschwindigkeitsmessung über einen Drohnen Optical Flow Sensor zu ermöglichen. Diese Forschung knüpft direkt an die Belichtungsproblematik an und wirkt sich somit unterstützend auf die Grundforschung aus.

- Abbildungen:**  
 Abb. 1: Formula Student Car von Elbflorace, Darstellung der Perspektive des Optical Ground Speed Sensors  
 Abb. 2: Optical Ground Speed Sensor, Boden Verschiebung  
 Abb. 3: Beschleunigung bei SkidPad Rennen (Rechtskurve) in der Formula Student

- Literatur:**  
 1. Sakai, Y., Uno, T., Takagi, J. et al. Optical Spatial Filter Sensor for Ground Speed. *OPT REV* 2, 65–67 (1995). <https://doi.org/10.1007/s10043-995-0065-3>  
 2. T. Nagasaku et al., "77GHz Low-Cost Single-Chip Radar Sensor for Automotive Ground Speed Detection," 2008 IEEE Compound Semiconductor Integrated Circuits Symposium, Monterey, CA, USA, 2008, pp. 1-4, doi: 10.1109/CSICS.2008.25.  
 3. D. Lhomme-Désages, C. Grand, F. B. Amar and J.-C. Guinot, "Doppler-Based Ground Speed Sensor Fusion and Slip Control for a Wheeled Rover," in *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, vol. 14, no. 4, pp. 484-492, Aug. 2009, doi: 10.1109/TMECH.2009.2013713.  
 4. M. Lobur and Y. Darnabyot, "Car speed measurement based on ultrasonic Doppler's ground speed sensors," 2011 11th International Conference The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics (CADSM), Poltava, Ukraine, 2011, pp. 392-393.