

Konzeption und Realisierung eines Verfahrens zur bildbasierten Ableitung von Geschwindigkeiten bei Überholvorgängen auf Landstraßen

Auf Landstraßen geschehen jedes Jahr viele Unfälle mit Verkehrstoten. Da die Vermeidung schwerer Unfälle bei Überholvorgängen zu einer Reduzierung der Anzahl von Verkehrstoten beitragen kann, liegt ein besonderes Augenmerk darauf, LKW-Überholvorgänge zu untersuchen. Ein entscheidender Punkt ist dabei die Geschwindigkeit der Fahrzeuge, die einen LKW überholen. Im Zuge dieser Arbeit sollen Geschwindigkeiten eines überholenden Autos beim Heranfahren, beim Überholen und beim Wegfahren anhand von mono- und stereoskopischen Bildsequenzen ermittelt werden.

Dafür wurden an einem Messfahrzeug vorne und hinten jeweils eine Kamera und an der Überholseite zwei Kameras befestigt. Zudem wurde ein Inertial- und GNSS-System installiert, um Geschwindigkeiten des Messfahrzeuges zu erhalten. Um Überholvorgänge mit Videoaufnahmen zu erfassen, wurde eine zum Überholen gut geeignete Landstraße gewählt, sodass mehrere Überholvorgänge zustande kamen.

Für photogrammetrische Anwendungen ist die innere Orientierung der Kameras von Bedeutung. Daher erfolgte für die verwendeten Kameras eine Testfeldkalibrierung. Vor der Berechnung der inneren Orientierung wurden die Aufnahmen mit der Software *GoPro Studio* entzerrt, um Verzerrungen zu reduzieren. Die darauffolgende Auswertung der Bilddaten zur Ableitung von Geschwindigkeiten wurde für die mono- und stereoskopischen Bildsequenzen eines Überholvorganges getrennt durchgeführt.

Für die stereoskopische Auswertung wurden in einem ersten Schritt Autos in den Bildern detektiert und verfolgt. Dafür kam zunächst ein Algorithmus *TriTrack2* zum Einsatz, der in aufeinanderfolgenden Stereobildpaaren Features zuordnet und diese in den 3D-Raum transformiert. Dort werden sie in Objekte gruppiert und verfolgt. Erhaltene Daten des *TriTrack2*-Algorithmus wurden für weitere Arbeitsschritte verwendet. Wurde ein Auto detektiert, so wurde ein Stereobildpaar mit den dazugehörigen Features als Grundlage für ein anschließendes Least Squares Matching (LSM) genutzt. Ausgehend von diesem Stereobildpaar wurden in den vorigen und nachfolgenden Bildern die Features gesucht (Abbildung 1). Die so ermittelten Bildkoordinaten für jedes Bild und jedes Feature dienten als Eingabewerte für eine ausgleichende Berechnung von 3D-Koordinaten. Durch die Kenntnis der Aufnahmezeitpunkte eines Stereobildpaares und der dazugehörigen 3D-Position der Punkte können Geschwindigkeiten berechnet werden. Diese lag zunächst relativ zum Messfahrzeug vor. Über die Geschwindigkeit des Messfahrzeuges zu den entsprechenden Zeitpunkten wurden abschließend absolute Geschwindigkeiten ermittelt.

Um hohe Genauigkeiten bei der Geschwindigkeitsberechnung zu erhalten, sollten Fehler bei der Bestimmung der äußeren Orientierung und ein Versatz der Bildaufnahmezeitpunkte möglichst gering sein. Eine Betrachtung der äußeren Genauigkeit ist nur anhand von Vergleichswerten für die Geschwindigkeit möglich. Dies konnte im Zuge der vorliegenden Arbeit nicht realisiert werden, da keine Vergleichsdaten eines anderen Fahrzeuges erfasst wurden.



Abbildung 1: Vektoren von Featurezuordnungen nach dem LSM zwischen erstem und letztem Bild einer Bildsequenz

Die monoskopische Auswertung sieht für die Detektion und Verfolgung eines Autos in der Bildsequenz die Betrachtung von Grauwertprofilen mehrerer Pixelspalten in jedem Bild vor. Da die Straße einen relativ gleichmäßigen Grauwertverlauf besitzt, erscheint in einem Grauwertprofil ein Sprung, wenn der Schatten unter einem Auto in der Pixelspalte vorkommt. Zu diesem Sprung wird dann die v -Bildkoordinate bestimmt. Die so ermittelten v -Koordinaten (Abbildung 2) in einer Bildsequenz dienen als Grundlage für eine anschließende Distanzberechnung. Dafür musste zunächst ein Maßstabsbezug zwischen jeder Pixelreihe und der Strecke im Objekt hergestellt werden. Unter der Annahme, dass die Straße eben ist, wurden zuvor mit dem Maßband eingemessene Strecken für die Berechnung des Verhältnisses zwischen Objektstrecke und Pixelreihe verwendet. So konnte für jedes Bild, in dem ein Punkt der Autoschattenkante detektiert wurde, die Distanz zum Messfahrzeug bestimmt werden. Über Differenzbildung dieser Distanzen zwischen aufeinanderfolgenden Bildern und den bekannten Aufnahmezeitpunkten ließ sich die relative Geschwindigkeit zum Messfahrzeug berechnen. Es folgte, wie bei der stereoskopischen Auswertung, die Bestimmung von absoluten Geschwindigkeiten.

Der größte Fehlereinfluss bei den monoskopisch ermittelten Geschwindigkeiten trat aufgrund des exponentiellen Anstiegs des Verhältnisses von Bildkoordinate zu Objektstrecke auf. Erfolgt in der Bildkoordinatenbestimmung des Autoschattens ein geringer Fehler, so kann dieser mit steigender Entfernung zum Messfahrzeug große Auswirkungen auf die Distanzbestimmung haben. Ab einer bestimmten Entfernung im Objekt sind die berechneten Geschwindigkeiten nicht mehr aussagekräftig.

Bei einer Zusammenstellung der mono- und stereoskopisch ermittelten Geschwindigkeiten eines gesamten Überholvorganges zeigt sich, trotz der unterschiedlichen Berechnungsarten, dass sich die Messergebnisse gut ergänzen (siehe Abbildung 3).

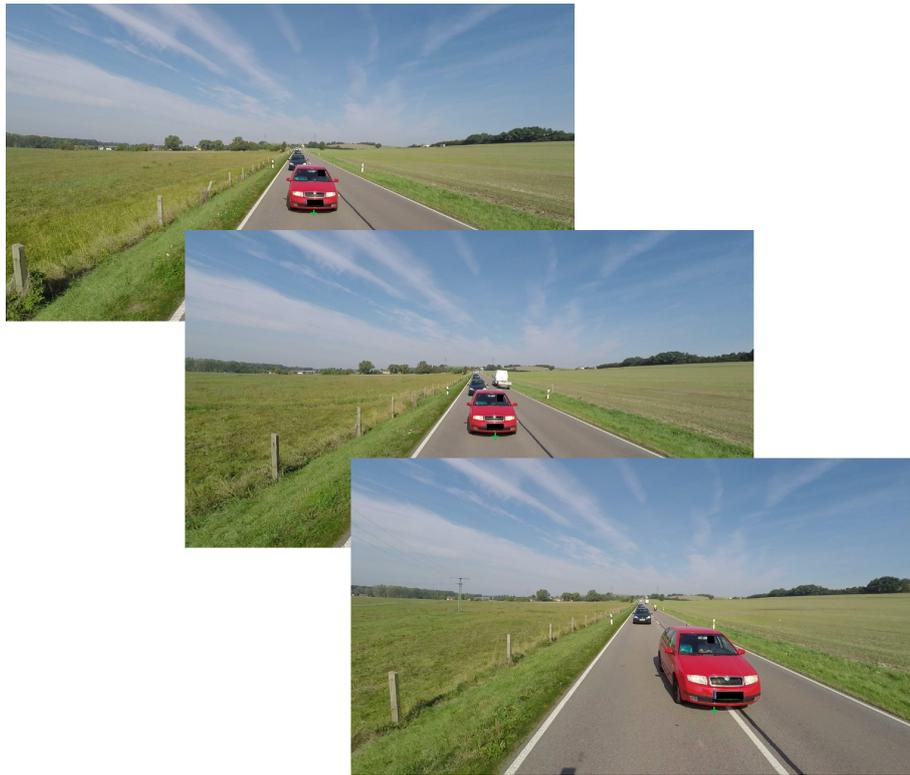


Abbildung 2: Verfolgte Schattenkante (grünes Kreuz) eines hinterherfahrenden Autos

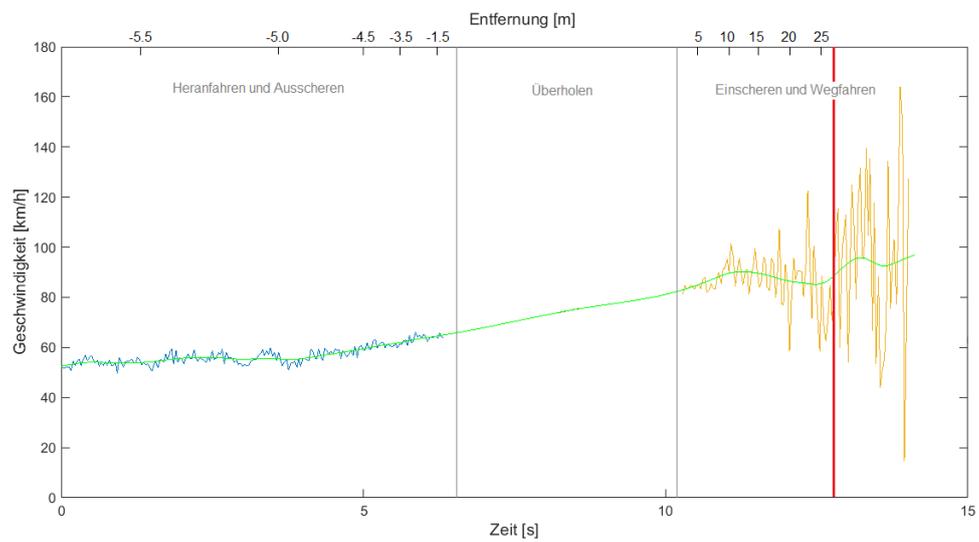


Abbildung 3: Absolute Geschwindigkeiten mit Trend (grün) in den drei Phasen eines Überholvorganges