

---

## Kurzfassung der Diplomarbeit

---

Name: Oliver Kohl

**Thema: Bestimmung der Griffigkeit von Straßenoberflächen mit einem 3D-Messgerät**

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. J. Stefan Bald  
Dipl.-Ing. Nina Schwebel  
M.Sc. Anh Duc Nguyen

---

### Motivation

Das Griffigkeitsniveau der Fahrbahnoberfläche bei Nässe ist eine der wichtigsten Kenngrößen in Bezug auf die Verkehrssicherheit und wird maßgebend durch die Rauheit der Oberflächentextur bestimmt. Dabei beschreiben vor allem die feinen Bestandteile der Mikrotextur die Wirkung der Rauheit auf den Kraftschluss zwischen Reifen und Fahrbahn. Die Makrotextur ermöglicht die Drainage des Oberflächenwassers und gibt besonders bei höheren Geschwindigkeiten Aufschluss, inwieweit die Wirkung der Mikrotextur bei Nässe zum Tragen kommt. Auf diese Weise können Verzahnungen des Reifengummis mit kleinsten Texturspitzen der Oberfläche hergestellt werden.

Bislang wird die Griffigkeit einer Straßenoberfläche mit Hilfe von Reibmessungen bestimmt, wobei der Energieverlust infolge der Reibung als Maß für die anstehende Griffigkeit dient. Es werden sowohl stationäre als auch dynamische Messverfahren angewandt. Hierzu zählen beispielsweise das stationäre Pendelgerät SRT (Skid Resistance Tester) und das Seitenkraftmessverfahren SKM, welches in der Lage ist größere Streckenabschnitte zu erfassen.

Eine neue Methode zur Erforschung der Einflüsse auf die Griffigkeit bieten optische Messsysteme. Mit Hilfe dieser Messsysteme kann die Oberflächenstruktur einer Straße als dreidimensionales Höhenbild erfasst und abgebildet werden. Aus diesen Daten können anschließend Rauheitskenngrößen berechnet werden, welche möglicherweise die Wirkung der Textur auf die Gebrauchseigenschaften beschreiben können. Die Griffigkeit einer Straße könnte auf diese Weise berührungslos erfasst werden, was die Einflüsse herkömmlicher Verfahren wie Temperatur, Wassermenge oder Beschaffenheit des Messreifens eliminiert.

---

Bezüglich der Kraftübertragung ist die Hysterese die maßgebende Komponente der Gummireibung. Sie beschreibt die Übertragung von Horizontalkräften beim Eindringen der Texturspitzen in den Reifengummi. Die zu bestimmenden Rauheitskenngrößen können diese Verzahnungen evtl. beschreiben und mit den Werten der herkömmlichen Griffigkeitserfassung in Verbindung gebracht werden.

### Versuchsreihe mit dem optischen 3D-Messgerät

Für die Erfassung und Auswertung der Oberflächenprofile wurde das optische 3D-Messgerät „MicroCAD“ sowie das zugehörige Softwarepaket „ODSCAD“ der Firma GF Messtechnik GmbH verwendet. Dabei konnte auf die Messdaten von verschiedenen Autobahnabschnitten zurückgegriffen werden. Insgesamt wurden für die Auswertung mit dem 3D-Messgerät 36 Einzelmessstellen ausgewählt. Bei der Auswahl stand eine deutliche Abstufung der Reibwerte im Vordergrund, damit die späteren Ergebnisse eine möglichst hohe Aussagekraft bieten. Zudem wurden die 3D-Profile eines Vergleichspunktes zu unterschiedlichen Zeitpunktes erfasst und ausgewertet.

Zur Übersicht wurden die Messstellen anhand ihrer Erfassungsquerschnitte (Abstand zum rechten Fahrstreifenrand) aufgeteilt und in Gruppen von Messstellen mit guter bzw. schlechter Griffigkeit zusammengefasst. Für die Auswertung wurden zunächst geeignete Oberflächenbilder bezüglich ihrer Abmessung und Auflösung ausgewählt. Es sollte zum einen gewährleistet sein, dass die aufgenommene Fläche ausreichend groß ist um eine hohe Aussagekraft für den jeweiligen Streckenabschnitt zu bieten. Zum anderen sollte die Auflösung der Datensätze hoch genug sein, um die aufgenommene Mikrotextr der Fahrbahnoberfläche ausreichend genau abbilden zu können. Für die Auswertung der Mikrotextr wurde das Oberflächenprofil mit Hilfe des Gauß'schen Hochpassfilters bei einer Grenzwellenlänge von 0,5 mm gefiltert. Auf diese Weise werden die Anteile der Rauheit und Welligkeit getrennt, so dass die Rauheitskenngrößen gezielt für die griffigkeitsrelevanten Anteile der Mikrotextr bestimmt werden können. Zuvor wurden ungültige Bereiche (Messfehler), soweit dies möglich war, entfernt.

Die Versuchsreihen gliedern sich in die Auswertung von Profilschnitten und flächenhafte Auswertungen. Zunächst wurden anhand der Profilschnitte unterschiedliche Rauheitskenngrößen ermittelt, welche einen Zusammenhang zu den jeweiligen Griffigkeitsbeiwerten herstellen konnten. Die Aussagekraft dieser Kenngrößen konnte anschließend durch die größere Datenmenge der Flächenauswertung weiterer Versuchsreihen bestärkt werden.

---

## Zusammenfassung der Ergebnisse

Durch den Vergleich unterschiedlicher Messstellen konnte eine Reihe von Rauheitskenngrößen ausgemacht werden, welche in Relation zu den Griffigkeitswerten des SRT-Pendelgerätes stehen. Die Rauheitskenngrößen beschreiben die Ausprägung der griffigkeitsrelevanten Mikrotextur. Sie geben Aufschluss über die Höhe und Verteilung der einzelnen Profilspitzen und können so einen Zusammenhang zum Kontaktverhalten zwischen Reifen und Fahrbahn herstellen. Am deutlichsten wurde dies anhand des arithmetischen Mittelrauwertes und der gemittelten Rautiefe, welche die Höhe der Rauheitselemente des gefilterten Mikroprofils beschreiben.

Des Weiteren steht die mittlere Profilsteigung der Rauheitselemente in engem Zusammenhang zu dem jeweiligen Griffigkeitsniveau. Das gefilterte Rauheitsprofil weist bei Oberflächen mit guter Griffigkeit deutlich steilere Texturelemente auf. Eine Gegenüberstellung der Gesamtergebnisse zeigte, dass die mittlere Profilsteigung der Rauheitselemente für Messstellen mit guter Griffigkeit (SRT-Werte ab ca. 65) bei 0,8 und höher liegt. Hingegen liegt sie bei Messstellen mit schlechter Griffigkeit (SRT-Werte bis ca. 65) überwiegend in einem Bereich von 0,4 bis 0,6.

Während der Auswertungen konnten einige Ausreißer beobachtet werden. Diese sind womöglich auf die unterschiedlichen Bauweisen und Verkehrsbeanspruchungen der einzelnen Autobahnabschnitte zurückzuführen. Zudem können Verunreinigungen und Nässe die Messdatenerfassung beeinflussen. Auch der betrachtete Oberflächenausschnitt spielt für die Ermittlung der Rauheitskenngrößen eine große Rolle. Daher sollten für die Beurteilung des Oberflächenprofils mehrere Messungen herangezogen werden. So liefert beispielsweise der Vergleich von Messstellen innerhalb eines Autobahnabschnittes sehr homogene Ergebnisse.

Für die zeitliche Entwicklung des Oberflächenprofils des Vergleichspunktes konnten keine relevanten Texturveränderungen festgestellt werden. An dieser Stelle empfiehlt sich eine zeitraffende Beanspruchungssimulation im Labor. Die Rauheitskenngrößen der Vergleichsmessstelle sind jedoch in Bezug auf die SRT-Werte sehr gut mit den Ergebnissen der übrigen Auswertungen zu vergleichen. Neben den hier genannten Rauheitskenngrößen gibt es eine Reihe weiterer Kenngrößen, welche im Rahmen dieser Arbeit betrachtet wurden. Sie können jedoch kaum oder nur vereinzelt einen Bezug zu den Reibwerten des SRT-Pendelgerätes herstellen.

**Oliver Kohl**

Januar 2011