

Schräglagenangst

FA 82.710

Forschungsstellen: Technische Universität Darmstadt, Fachgebiet Fahrzeugtechnik (Prof. Dr. rer. nat. H. Winner)

Würzburger Institut für Verkehrswissenschaften – WIVW GmbH, Veitshöchheim
Auto Mobil Forschung Dresden GmbH – AMFD, Dresden

Bearbeiter: Scherer, F. / Winner, H. / Pleß, R. / Will, S. / Neukum, A. / Stanglmayr, M. / Bäuml, M. / Siebke, C. / Prokop, G.

Auftraggeber: Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach

Abschluss: Juli 2020

1 Methodik

Zur Erfassung relevanter Informationen über das mögliche Vorhandensein einer Schräglagenschwelle von Motorradfahrenden ist es notwendig, große Datenmengen zu erheben. Wenngleich detaillierte Einzelbetrachtungen bestimmter Fahrender unterschiedliche Fahrweisen erkennbar machen können, erlauben diese keine Verallgemeinerung. Im Projekt "Schräglagenangst" wurde daher eine große Messkampagne geplant, welche über drei Projektpartner, das Fachgebiet Fahrzeugtechnik der TU Darmstadt (FZD), die Auto Mobil Forschung Dresden GmbH (AMFD) sowie das Würzburger Institut für Verkehrswissenschaften (WIVW), umgesetzt wurde.

Die Aufteilung des Projektteams auf drei Institute erlaubt zum einen eigenständige Untersuchungsschwerpunkte aus ver-

schiedenen Expertisen und erweitert zum anderen den Erfassungsraum auf verschiedene Regionen Deutschlands.

Es ist schnell ersichtlich, dass die Quantität und Qualität von Datensätzen je nach Erfassungsmethode unterschiedlich ausgeprägt sein müssen. So werden Daten von höchster Qualität (Auflösung der Sensoren, Kenntnis von Umweltfaktoren, Detailwissen über Fahrende, ...) nur unter hohen messtechnischen und finanziellen Aufwänden möglich und bei der Erfassung großer Datenmengen (großes Fahrendenpanel, viele Fahrende in verschiedenen Fahrsituationen, ...) kann entsprechend nur unter Inkaufnahme einer geringeren Datenqualität erfolgen. Das Projekt "Schräglagenangst" setzt sich zum Ziel, eine ganzheitliche Erfassung von Daten sowohl auf mesoskopischer als auch mikroskopischer Ebene (siehe Bild 1) in "normaler Fahrt" sowie in "kritischen Situationen" durchzuführen. Da letztere bei natürlicher Fahrt im Straßenverkehr glücklicherweise selten zu beobachten sind, werden im hier vorgestellten Projekt "pseudokritische Fahrmanöver" zur Anwendung auf abgesperrtem Testgelände entwickelt, welche Aussagen über als "kritisch" erlebte Situationen ermöglichen, ohne Fahrende dabei tatsächlich zu gefährden. Alle weiteren Daten werden hingegen im öffentlichen Straßenverkehr erfasst. Dazu dient einerseits eine Smartphone-Applikation, welche zukünftig das unbeaufsichtigte Erfassen großer Datenmengen ermöglichen soll. Andererseits wird mithilfe eines Messmotorrads ein Fahrendenpanel in der Realfahrt untersucht. Dieses Fahrendenpanel liefert zudem detaillierte subjektive Daten über Fahrweise und Empfinden von Schräglagenangst. Eine weitere Methode zur Erfassung von Fahrdaten im Realverkehr liefert das Konzept einer stationären Messtechnik, welche zukünftig Individualbetrachtungen von Unfallschwerpunkten erlauben soll.

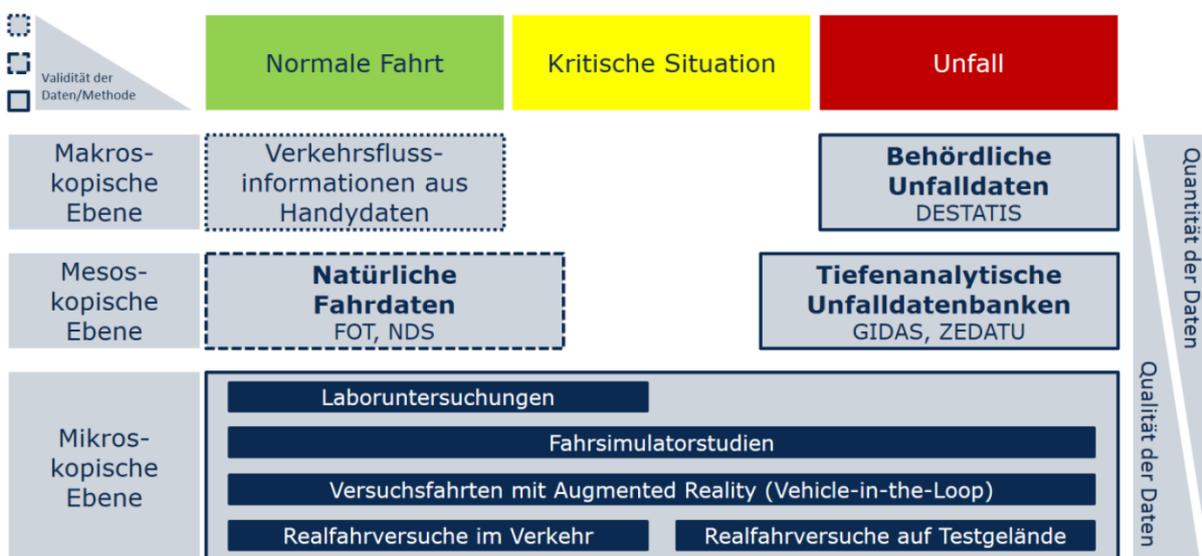


Bild 1: Datengrundlagen und Untersuchungsmethoden nach Granularität im Verkehr und zeitlichem Ablauf. (Prokop 2017)

14 Versuchsdesign

2.1 Pseudokritische Fahrmanöver

Aus ethischen Gründen ist es nicht zulässig, Fahrende bewusst einer real kritischen Situation auszusetzen. Da aber insbesondere in kritischen Situationen eine Auswirkung einer möglichen "Schräglagenangst" auf das Fahrverhalten zu erwarten ist, ist eine Untersuchung derselben wünschenswert. Hierzu werden auf einem abgeschlossenen Testgelände Fahraufgaben umgesetzt, welche nach einigen Wiederholungen durch die Fahrenden eine Änderung erfahren (zum Beispiel kurzfristig geänderte Trajektorie oder Hindernis auf dem Fahrstreifen), wobei stets ausreichende Sicherheitsreserven (Auslaufzonen, Möglichkeiten zum Versuchsabbruch) gewährleistet sind. Es wird eine "Pseudokritikalität" definiert, welche sich als Quotient einer subjektiv empfundenen Kritikalität und einer realen Kritikalität ergibt. Dabei zeigt sich, dass insbesondere solche Manöver, bei denen ein Fahrender keine Reaktionsfähigkeit mehr besitzt (Kurzfristigkeit des Ereignisses), und solche Manöver, bei denen Hindernisse eine freie Fahrt verhindern (Unerwartbarkeit des Ereignisses), zu einer hohen empfundenen Kritikalität führen.

2.2 Realfahrten

Sowohl im Raum Dresden als auch im Raum Würzburg finden Testfahrten im realen Straßenverkehr statt, wobei einerseits eine neu entwickelte Smartphone-Applikation, andererseits ein mit Messtechnik ausgerüstetes Versuchsmotorrad zur Datenerfassung herangezogen wird. Die Smartphone-Applikation eignet sich zur Erfassung von Beschleunigungs-, Drehraten- und GPS-Informationen. Über eine geeignete Datenfilterung und Nachbearbeitung stehen schließlich Fahrdynamikdaten zur Verfügung, welche zur Auswertung von Fahrmanövern geeignet sind. Die Signalgüte der Smartphone-basierten Messungen ist ebenso wie die anderen Messmittel durch vergleichende Untersuchungen in einem Kreuzvergleich nachgewiesen. Bild 2 zeigt entsprechende Messreihen am Beispiel von Smartphone-basierter Messung im Vergleich mit Daten aus einer professionellen Inertialmesstechnik.

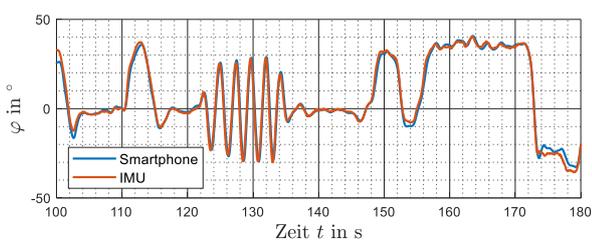


Bild 2: Ergebnisdatensatz Rollwinkel Kreuzvalidierung Griefsheim

Die per Smartphone-Applikation und Messmotorrad im Realverkehr erfassten Daten werden zur weiteren Verwendung

einer Segmentierung zugeführt. Für die automatisierte Segmentierung wird der Krümmungsverlauf nach Vorzeichenwechseln durchsucht. Ein Segment zwischen zwei Vorzeichenwechseln wird dann als Kurvenfahrt definiert, wenn der Kurswinkel des Motorrads innerhalb des Segments eine Änderung von mehr als 10° erfährt.

Insgesamt werden durch die krümmungsbasierte Trennung von Streckenabschnitten über 13 000 Kurvensegmente im Raum Würzburg und Dresden erfasst. Zur weiteren Untersuchung werden daraus Untermengen herangezogen, die beispielsweise Kurswinkeländerungen, mittlere Geschwindigkeiten oder mittlere Kurvenkrümmungen bestimmter Größe aufweisen.

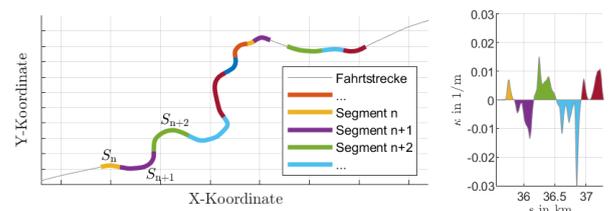


Bild 3: Automatisiert erfasste Kurvensegmente

2.3 Messtechnik

Im Rahmen des Projekts "Schräglagenangst" wurden verschiedene Messtechnikkonzepte umgesetzt. Zum einen wurde eine Smartphone-basierte Datenerfassungsroutine entwickelt, in Betrieb genommen und validiert. In einer ersten Fahrendenstudie konnte diese bereits erfolgreich eingesetzt werden.

Des Weiteren wurden verschiedene Varianten einer stationären Messtechnik prototypisch in Betrieb genommen, welche – auch ohne Messtechnik am Motorrad mitführen zu müssen – möglichst viele Informationen über eine Kurvenfahrt sammeln soll. Insbesondere sind hierbei die gefahrene Trajektorie, Geschwindigkeit und Rollwinkel relevant. In einem Produktentwicklungsprozess wird nach Prüfung von Alternativen (RADAR, LiDAR) schließlich ein System empfohlen, welches auf Basis der Kombination aus Mono- und Stereokameras in der Lage ist, die Kanten eines Nummernschildes zu erfassen und daraus eine Orientierung des gefilmten Motorrads relativ zur Kamera, den Rollwinkel auszugeben. Das Ergebnis einer solchen Nummernschildverfolgung ist in Bild 4 dargestellt. Die Technologie wurde prototypisch umgesetzt und auf dem Testgelände überprüft. Ein Einsatz im Realverkehr bleibt zukünftigen Untersuchungen vorbehalten.

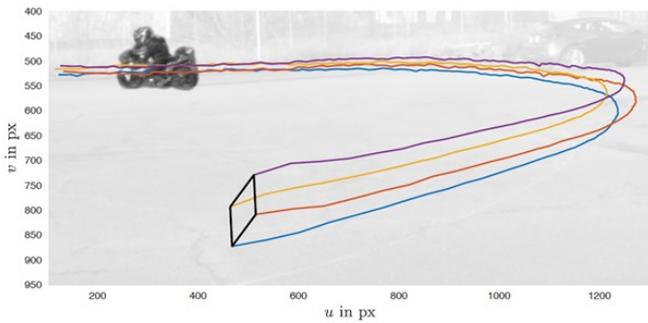


Bild 4: Anwendung der stationären Messtechnik, erkannte Kennzeichenspur im Bild

15 Untersuchungsergebnisse

3.1 Realfahrstudie

In einer ersten, explorativen Studie mit Smartphone-basierter Messtechnik wurden 15 Fahrende untersucht. Die mit einem Messmotorrad durchgeführte Studie im Raum Würzburg umfasst weitere 27 Fahrende, von denen schließlich 23 vollumfängliche Datensätze erzeugt wurden.

Für jede im Rahmen der Realfahrten erfasste Kurve ergeben sich mehrere Kennwerte. Insbesondere der maximale Rollwinkel, die maximale Rollrate, mittlere Geschwindigkeit und die Abweichung des Rollwinkels von einem theoretischen, quasistationären Verlauf je Kurvensegment zeigen gute Übereinstimmung mit subjektiv erfassten Angstbewertungen. Dabei konnte keine Richtungsabhängigkeit beobachtet werden.

Die erfassten Daten zeigen ein breites Spektrum von Rollwinkelverteilungen je Studienteilnehmer, welches für sich allein genommen keine Aussagen zum Fahrverhalten oder einer etwaigen Schräglagenschwelle erlaubt. Erst durch den Bezug zu den erfassten Subjektivbewertungen werden Muster erkennbar.

Bild 5 zeigt die Verteilung der maximalen Rollwinkel je Kurvensegment, aggregiert über der Angstbewertung der Fahrenden. Es ist zu erkennen, dass grundsätzlich eine höhere Angstbewertung auch zu niedrigeren beobachteten Rollwinkeln führt. Ebenso zeigt sich jedoch auch, dass einzelne Individuen ein unerwartetes Ergebnis zeigen und trotz höchster Angstbewertung ebenso höchste Rollwinkel aufweisen können.

Als aussagekräftiges Kriterium zur Unterscheidung von mehr oder weniger ängstlichen Fahrenden ergibt sich der RMS-Wert der Abweichung des gefahrenen Rollwinkels zum theoretischen Rollwinkel bei angenommener quasistationärer Kurvenfahrt. Bild 6 zeigt deutlich eine Gruppierung der gemäß Vorbefragung ängstlichen (grün) und weniger ängstlichen (rot) Studienteilnehmer. Insbesondere zeigt sich hier auch eine Nähe des Fahrenden mit der höchsten Angstbewertung zu den anderen als ängstlich klassifizierten Fahrenden.

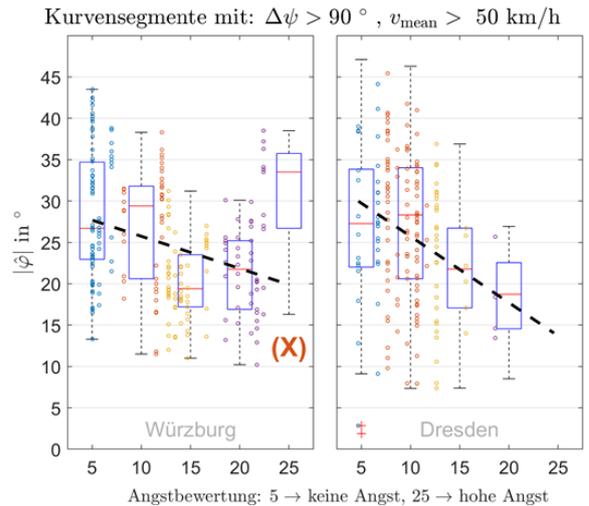


Bild 5: Rollwinkelmaxima in Abhängigkeit zur subjektiven Angstbewertung

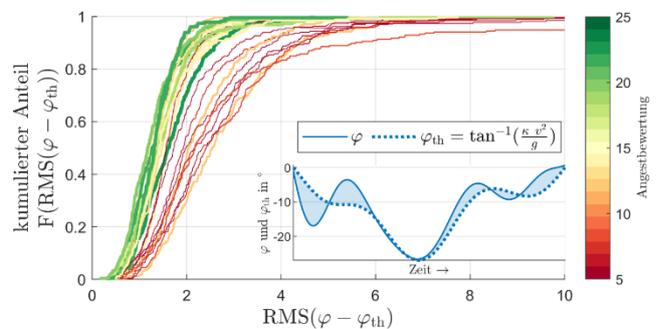


Bild 6: Kumulierte Häufigkeit des RMS der Rollwinkelabweichung

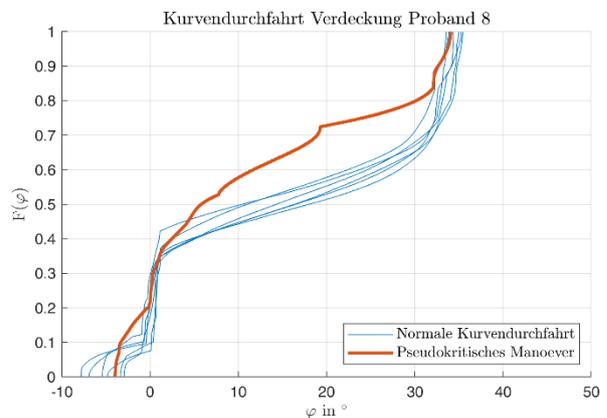


Bild 7: Kumulative Verteilung des Rollwinkels, pseudokritisches Manöver: verdecktes Hindernis

3.2 Probandenstudie Messgelände

Bei der Durchführung pseudokritischer Manöver werden Indikatoren ersichtlich, welche unabhängig eines maximalen Rollwinkels eine Klassifizierung von Fahrendentypen erlauben. So zeigt sich beispielsweise im Phasendiagramm von Rollrate und Rollwinkel eine deutliche Unterscheidung beim Durchfahren einer Kurve mit unerwartetem, verdecktem Hindernis. Für verschiedene Fahrendentypen sind zudem charakteristische

Verläufe im Falle des pseudokritischen Ereignisses beobachtbar, beispielhaft dargestellt in Bild 7. Die Hypothese einer Schräglagenschwelle in gefährlichen Situationen wurde teilweise nachgewiesen, auf entsprechend unvorhersehbare Ereignisse sind stets sehr starke Fahrendenreaktionen sichtbar geworden.

Im Gegensatz zu den Realfahrt-Untersuchungen ist bei der Ermittlung des Komfortbereichs auf dem Messgelände ein Unterschied zwischen der Richtung der Kurvendurchfahrt zu beobachten. Zudem liegen die ermittelten Grenzrollwinkel durchschnittlich höher als bei den Realfahrt-Messungen. Eine mögliche Erklärung ist die sehr gute Einsehbarkeit und Berechenbarkeit der Situation auf dem freien Messgelände im Vergleich zur Realfahrt.

Definitiv sind deutlich individuelle, fahrendenabhängige Unterschiede der Schräglagenschwelle zu beobachten. Jede/r Fahrende hat ein individuelles Schräglagenmaximum, was in keiner Situation überschritten wird. Es konnte innerhalb des Projekts keine situationsabhängige Veränderung der Schräglagenschwelle beobachtet werden. Alle Fahrenden erreichten auch nach einer Schrecksituation, wenn auch nach teils starken Eingriffen in das Fahrverhalten, wieder ihren persönlichen Grenzrollwinkel.

Eine erste Vermutung einer Art Schräglagenangst ist beim Vergleich der Rollraten zwischen Ein- und Ausfahren in die Kurve beobachtet worden. Dies ist jedoch auch wieder sehr fahrendenindividuell und bedarf weiterer Untersuchungen.

16 Fazit und Ausblick

Das vorliegende Projekt stellt verschiedene Methoden zur Erfassung und Auswertung großer Datenmengen mit Relevanz für das Schräglagenverhalten von Motorradfahrenden vor. Mit der Entwicklung einer Smartphone-Applikation ist es zukünftig einfach möglich, eine größere Datenbasis zu erstellen. In zwei Fahrendenstudien konnten sowohl per Smartphone-Applikation als auch mittels eines Messmotorrads vergleichbare Ergebnisse gesammelt werden. Es ist eine große Streuung der erreichten Schräglagen bei Kurvenfahrt ersichtlich. Die erreichten Schräglagen verringern sich dabei für Fahrende, welchen im Rahmen einer Vorbefragung eine hohe Schräglagenangst zugesprochen wird. Eine eindeutige Schräglagenschwelle ist jedoch aus den Daten nicht ersichtlich. Zudem zeigt sich, dass die Selbstbewertung der Studienteilnehmer sich nicht zwingend mit den erfassten Schräglagen deckt. So kann auch ein Fahrender mit hoher subjektiver Angstbewertung ebenso hohe Rollwinkel erreichen. Neben der Erfassung und Auswertung von Schräglagen alleine konnten jedoch andere Indikatoren definiert werden, welche eine Separation der Fahrenden in mehr oder weniger angstbetroffene Fahrende erlaubt.

Auch in Versuchen auf abgeschlossenem Testgelände konnten unterschiedliche Verhaltensweisen bei der Bewältigung kritischer Fahrsituationen beobachtet werden. Diese sind jedoch

unabhängig von der maximal erreichten Schräglage während des Versuchs und variieren stark in ihrer Art und Ausführung.

Ebenfalls auf dem Testgelände hat sich die Verwendung stationärer Messtechnik zur Erfassung von Rollwinkel, Fahrspur und Fahrzeuggeschwindigkeit bewährt. Das entwickelte System besitzt großes Potenzial, beispielsweise an Unfallschwerpunkten das Fahrverhalten einer Vielzahl unterschiedlicher Fahrender zu analysieren.

Im Rahmen des Projekts konnte keine definierte, allgemein gültige Schräglagenschwelle ermittelt werden. Hingegen wurden Kennwerte und Verhaltensweisen erfasst, welche mit einer subjektiv erfassten Schräglagenangstbewertung korrelieren.

