

1 Einleitung

1.1 Motivation für die Entwicklung integrierter Assistenzsysteme

Die Zahl der Verkehrsunfälle in Deutschland nimmt laut statistischem Bundesamt seit Beginn der Datenerfassung 1953 kontinuierlich zu. Die Anzahl der tödlich Verunglückten ist hingegen seit 1972 von 18.811, abgesehen von einer Sprungstelle durch die Wiedervereinigung 1990, auf 4.160 gesunken (siehe Bild 1.1-1). Ein wesentlicher Grund hierfür ist der zunehmende Einsatz von Assistenz- und Sicherheitssystemen in Neufahrzeugen [52].

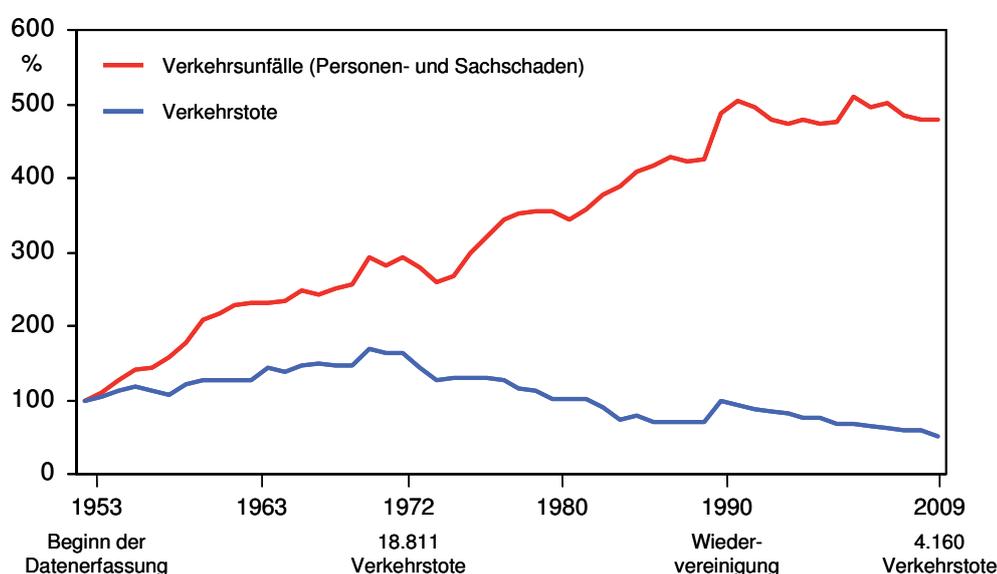


Bild 1.1-1: Verkehrsunfälle und Verkehrstote in Deutschland von 1953 bis 2009 in Prozent nach [52]

Durch die Erfindung und Weiterentwicklung des Airbags wird im Bereich der passiven Sicherheit mittlerweile in allen Fahrzeugklassen ein sehr hohes Sicherheitsniveau erreicht. Aktive Sicherheitssysteme stehen dagegen noch weitgehend am Beginn ihrer Entwicklung und weisen daher ein deutlich niedrigeres Sicherheitsniveau auf. Die Unterstützung des Fahrers bei der Fahrzeugstabilisierung konnte in den letzten Jahren durch den zunehmenden Einsatz von Schlupfregelsystemen wie Antiblockiersystem (ABS) und Elektronisches Stabilitätsprogramm (ESP) stark verbessert werden [10]. Assistenzsysteme aus dem Bereich der Fahrzeugführung, wie z. B. Adaptive Cruise Control (ACC) mit Abstands- und Geschwindigkeitsregelung auf vorausfahrende Fahrzeuge, besitzen derzeit noch großes Verbesserungspotential. Im Vergleich zu Systemen der Stabilisierung wird neben fahrzeugeigener Sensorik zusätzliche Umfoldsensorik benötigt. In der Vergangenheit wurden Assistenzsysteme der Fahrzeugführung aus Kostengründen meist auf der Basis eines einzigen Umfoldsensors entwickelt, z. B. ACC auf der Basis eines Radarsensors. Die Unterstützung des Fahrers erfolgte in Längs- oder Querrichtung, beschränkte sich auf ausgewählte Verkehrssituationen und war zudem stark von den Eigenschaften der verwendeten Umfoldsensorik abhängig [54]. Um die Unterstüt-

zung des Fahrers bei der Fahrzeugführung zu verbessern, müssen situationsübergreifende, fahrmanöverbasierte Assistenzsysteme entwickelt werden. Die Herausforderung der Zukunft besteht vor allem darin, die Daten mehrerer Umfeldsensoren geeignet zu fusionieren, um dadurch die Integration von Assistenzsystemen der Längs- und Querführung zu ermöglichen.

1.2 Aufgabenstellung und Zielsetzung der Arbeit

Ein mögliches Anwendungsgebiet der situationsübergreifenden, fahrmanöverbasierten Assistenz sind Spurwechselforgänge auf Autobahnen, welche hohe Anforderungen an die Aufmerksamkeit des Fahrers stellen. Im Vergleich zu ACC müssen nicht nur Verkehrsteilnehmer vor dem eigenen Fahrzeug sondern auch seitlich und im Rückraum über mehrere Fahrspuren hinweg beobachtet werden. Parallel zu dieser Überwachungstätigkeit dürfen Fahrzeuglängs- und -querführung nicht vernachlässigt werden. Während eines Spurwechsels sind Längs- und Querführung so zu koordinieren, dass das eigene Fahrzeug andere Verkehrsteilnehmer nicht behindert oder gar gefährdet [24].

Um den Fahrer bei Spurwechselforgängen gezielt zu entlasten, wurden bereits in öffentlich geförderten Projekten wie INVENT („intelligenter Verkehr und nutzergerechte Technik“) prototypische Assistenzsysteme vorgestellt, die den Fahrer bei der Rück- und Seitenraumüberwachung unterstützen und vor gefährlichen Spurwechselmanövern warnen [39]. Assistenzsysteme, die während eines Spurwechsels die Längs- und Querführung des Fahrzeugs aktiv beeinflussen, befinden sich derzeit noch im Forschungs- oder Entwicklungsstadium.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit besteht darin, ein Assistenzsystem zu entwickeln, das den Fahrer bei Spurwechselforgängen sowohl bei der Verkehrsraumüberwachung als auch bei der Fahrzeuglängs- und -querführung in integrierter Form unterstützt. Die Grundlage des integrierten Quer- und Längsreglers bilden drei Assistenzsysteme der separaten Längs- und Querführung. Bei der Abstands- und Geschwindigkeitsregelung auf vorausfahrende Fahrzeuge wird der Fahrer durch Adaptive Cruise Control (ACC) entlastet. Heading Control (HC) unterstützt den Fahrer bei der Spurhaltung und durch die bereits angesprochene Spurwechselwarnung (SpWarn) wird der Fahrer auf Autobahnen oder ähnlich ausgebauten Straßen optisch vor gefährlichen Spurwechselmanövern gewarnt.

Folgende Teilaufgaben sind zu bearbeiten:

- Formulierung von Anforderungen an die integrierte Quer- und Längsführung beim Spurwechsel
- Erarbeitung eines Konzepts zur Integration von Quer- und Längsführung beim Spurwechsel
- Umsetzung des Konzepts in Form eines Regelalgorithmus
- Parametrierung und Untersuchung des integrierten Quer- und Längsreglers in der Simulation
- Darstellung und Validierung des integrierten Reglers im Fahrversuch mittels Rapid Prototyping
- Bewertung der Ergebnisse aus Simulation und Fahrversuch

1.3 Vorgehensweise der Arbeit

Im Anschluss an die Einleitung werden im zweiten Kapitel die Grundlagen der Arbeit beschrieben. Der Spurwechsel als Vorgang an sich wird eingehend betrachtet und die grundlegenden Zusammenhänge des in der Arbeit verwendeten Fahrzeugmodells werden erläutert.

Im dritten Kapitel werden die Assistenzsysteme Adaptive Cruise Control (ACC), Heading Control (HC) und die Spurwechselwarnung (SpWarn) vorgestellt, welche die Grundlage für die Integration von Quer- und Längsführung beim Spurwechsel bilden. Im Vordergrund der Ausführungen stehen die Regel- und Warnalgorithmen sowie die bisherige Unterstützung des Fahrers beim Spurwechsel.

Im vierten Kapitel wird die Integration von Quer- und Längsführung beim Spurwechsel vorgenommen. Zu Beginn werden Anforderungen an den integrierten Regelansatz formuliert. Auf Basis der Anforderungen wird ein Konzept zur Integration von Quer- und Längsführung beim Spurwechsel erarbeitet und anhand eines ausgewählten Verkehrsszenarios vorgestellt. Anschließend wird das Konzept in Form eines Regelalgorithmus umgesetzt. Sowohl das Grundschema als auch die Funktionen des integrierten Quer- und Längsreglers werden ausführlich beschrieben.

Das fünfte Kapitel beschäftigt sich mit den Werkzeugen zur methodischen Entwicklung des integrierten Reglers. Im Bereich der Simulation wurden eine Closed-Loop- und eine Open-Loop-Umgebung eingesetzt. Der grundlegende Aufbau und die Anwendungsbereiche beider Umgebungen werden kurz angesprochen. Zur Darstellung und Validierung des integrierten Reglers wurde von der BMW Group Forschung und Technik ein Forschungsfahrzeug zur Verfügung gestellt. Umbauten im Vergleich zum Serienfahrzeug aus den Bereichen Umfeldsensorik, Aktuatorik und Mensch-Maschine-Schnittstelle werden beschrieben. Zudem wird auf die Umsetzung des Regelalgorithmus mit Hilfe einer Rapid-Prototyping-Plattform eingegangen.

Im sechsten Kapitel wird der integrierte Quer- und Längsregler in Simulation und Fahrversuch untersucht. Zu Beginn wird eine Auswahl zu untersuchender Funktionen getroffen, da das Forschungsfahrzeug nur für einen begrenzten Zeitraum zur Verfügung gestellt werden konnte. Für jede ausgewählte Funktion wird ein Untersuchungsziel festgelegt, ein geeignetes Prüfzenario ausgewählt und bei Bedarf ein Vergleichssystem definiert. Die Ergebnisse aus Simulation und Fahrversuch werden einander gegenübergestellt und diskutiert.

Im siebten und letzten Kapitel werden schließlich die gewonnenen Erkenntnisse zusammengefasst und ein Ausblick auf nachfolgende Arbeiten gegeben.