

Einsatz von Referenzfahrtsituationen bei der Entwicklung von Fahrerassistenzsystemen

Christian Domsch
BMW Group
80788 München

Tel.: +49-89-382-79311

E-Mail: Christian.Domsch@bmw.de

Dr. Herbert Negele
BMW Group
80788 München

Tel.: +49-89-382-38943

E-Mail: Herbert.Negele@bmw.de

Zusammenfassung

Bei der Entwicklung von Fahrerassistenzsystemen werden immer wieder definierte Fahrsituationen zur Überprüfung der korrekten Systemfunktion herangezogen. Durch das Zusammenspiel unterschiedlicher Systeme entstehen heute vermehrt Situationen, in denen sich Systemfunktionen überschneiden. Es ist nicht mehr nur zu überprüfen, ob ein System in einer Situation einen bestimmten Zweck erfüllt, es ist außerdem zu verifizieren, dass das System im Zusammenspiel mit anderen Systemen keine für den Fahrer unverständlichen Reaktionen zeigt. Um dieses Zusammenspiel unterschiedlicher Systemfunktionen zu erforschen, ist eine gemeinsame Sprache bei der Beschreibung von Fahrsituationen hilfreich bzw. erforderlich. Für eine systematische Beschreibung von Fahrsituationen soll ein Referenzkatalog erstellt werden. Dieser ermöglicht eine strukturierte und systematische Beschreibung aller relevanten Fahrsituationen für die Entwicklung und Absicherung von Fahrerassistenzsystemen. Dabei wird nicht nur die eigentliche Fahrszene beschrieben, sondern es stehen Elemente für die Beschreibung der Umwelt ebenso zur Verfügung wie Elemente zur Beschreibung des im Regelkreis eingebundenen Fahrers und seiner Eigenschaften.

Abstract

During the development of advanced driver assistance systems (ADAS) defined driving situations are used for the examination of the correct system function. Nowadays, more and more situations occur in which system functions overlap due to the increasing interaction of different systems. It is not sufficient any more to check whether a system fulfils a certain purpose in a defined situation. In addition, it

is to be checked whether the system works seamlessly together with other systems, without showing reactions not understandable for the driver. To investigate this interaction between different system functions, a common language for the description of driving situations is necessary at first. For a systematic description of driving situations a reference catalogue should be provided. This allows a structured and systematic description of all driving situations relevant for the development and testing of ADAS. Besides, not only the driving scene itself is described, but also elements for the description of the environment are available as well as elements for the description of the driver and his qualities.

1. Einleitung

Das Autofahren stellt zunehmend höhere Anforderungen an den Menschen. Bei steigendem Verkehrsaufkommen muss er eine zunehmende Anzahl unterschiedlicher Handlungen in immer kürzeren Abständen oder sogar gleichzeitig durchführen. Nicht immer gelingt dem Fahrer das fehlerfrei. Auch wenn das System Straßenverkehr eine hohe Fehlertoleranz aufweist, kommt es dennoch als Fehlerfolge zu gefährlichen Situationen oder wenn der Fehler zu spät, falsch oder überhaupt nicht korrigiert wird, zu Unfällen. Die Anzahl der dabei getöteten Personen geht seit den 70er-Jahren kontinuierlich zurück. Gesetzliche Regelungen und die immer weiter verbesserte passive Sicherheit der Fahrzeuge haben hier einen entscheidenden Einfluss.

Eine weitere signifikante Reduktion der Unfalltoten und auch der Anzahl der Verletzten lässt sich erreichen, wenn insgesamt die Anzahl der Unfallereignisse deutlich reduziert wird. Hierbei können technische Systeme den Fahrer entlasten und ihn in seiner Fahraufgabe aktiv unterstützen. Dazu wurden in der letzten Zeit eine Reihe unterschiedlich wirkender Fahrerassistenzsysteme entwickelt.

Diese Entwicklung sowie die stimmige Fahrzeugintegration von Fahrerassistenzsystemen sind aber nach wie vor mit großen Herausforderungen verbunden. So ist die Einbindung der steigenden Anzahl von Systemen in das Fahrzeug meistens neu. Gleichzeitig steigt im Zuge der Produktindividualisierung die Anzahl der Fahrzeugvarianten immer weiter an. Trotz allem müssen die Systeme auch bei zunehmender Komplexität für den Menschen beherrschbar bleiben. Die Wechselwirkungen zwischen den Systemen sind bis heute nur wenig erforscht und im Unterschied zu anderen Regelsystemen (z.B. Fahrwerksregelsystemen) ist der Mensch eng in den Regelkreis mit eingebunden.

Unter diesen Randbedingungen sind zunächst konsistente und transparente Anforderungen an die Systeme zu definieren. Es sind sowohl Komponenten und Systeme auszuwählen und zu testen als auch die Wechselwirkungen zwischen den Systemen in definierten Fahrsituationen zu bewerten. Nicht zuletzt möchte man den Nutzen unterschiedlicher Systeme und Systemverbünde für die aktive Sicherheit bewerten.

Um das Zusammenspiel zwischen unterschiedlichen Systemfunktionen besser darstellen und erforschen zu können, ist eine gemeinsame Sprache bei der Beschreibung und für das Verständnis von Fahrsituationen erforderlich. Für eine systematische Beschreibung der Fahrsituationen soll ein Referenzkatalog erstellt werden. Dieser ermöglicht eine strukturierte und systematische Beschreibung der relevanten Fahrsituationen auf einer gemeinsamen Basis und somit eine einheitliche

Sprache für alle Beteiligten. Dabei wird nicht nur die eigentliche Fahrscene beschrieben, sondern es stehen Elemente für die Beschreibung der Umwelt ebenso zur Verfügung wie Elemente zur Beschreibung des im Regelkreis eingebundenen Fahrers und seiner spezifischen Eigenschaften.

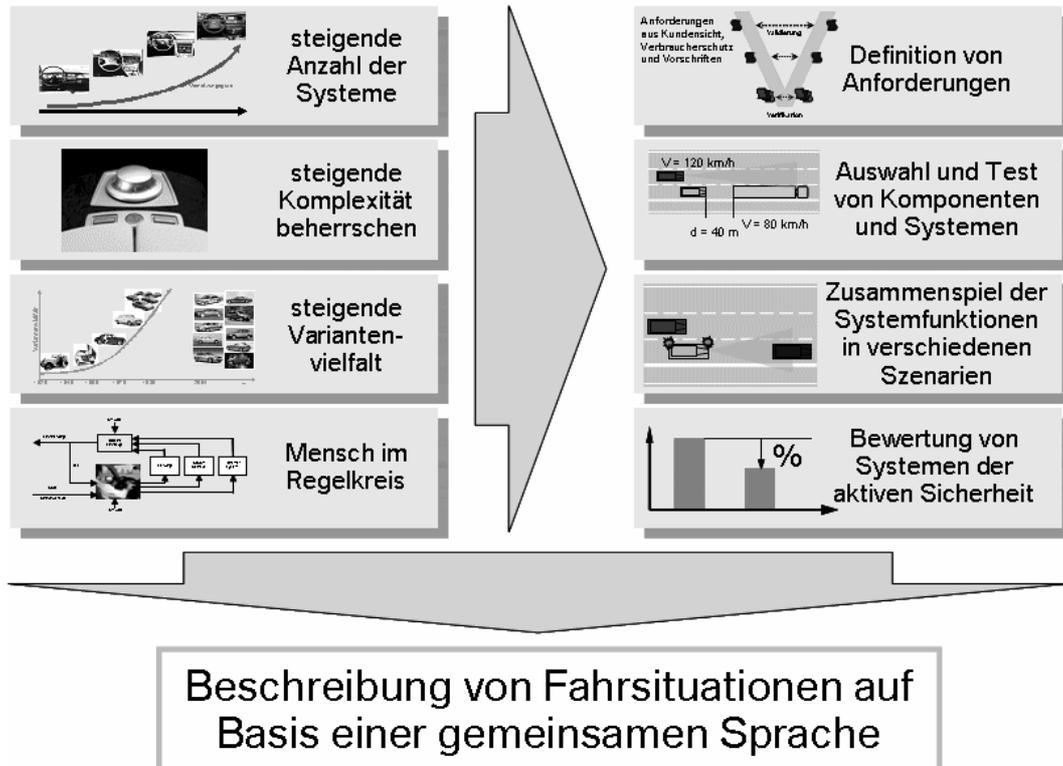


Abb. 1: Einflüsse auf die Entwicklung von Assistenzsystemen

2. Ein Katalog für Referenzfahrsituationen – Nutzen und Wirkungsbereich

Generell erfolgen das Abstecken von Systemgrenzen sowie die Orientierung der Systeme an den Vorgaben aus Kundensicht oder Gesetzgebung oftmals anhand konkreter Situationen. Beispielsweise werden in Sensor- und Systemtests Szenarien definiert, von denen man glaubt, dass sie eine Referenz für den späteren Einsatz darstellen. Ein Beispiel mag die Ermittlung der Reichweite eines ACC-Sensors sein. Natürlich kann diese ganz einfach auch statisch bestimmt werden. Da jedoch für das Gesamtsystem die Reichweite in Verbindung mit der Spurprädiktion interessant ist, sollte dieser Einfluss bei der Beurteilung des Sensors mit berücksichtigt werden. In Abb. 2 ist ein Beispiel für ein solches Testmanöver dargestellt. Damit ein Vergleich zwischen unterschiedlichen Sensoren möglich ist, muss der Test reproduzierbar sein. Daher müssen alle Parameter, die einen Einfluss auf das Testresultat haben können, definiert werden und bei jedem weiteren Test eingehalten werden. Eine genaue Beschreibung der Fahrsituation ist also erforderlich.

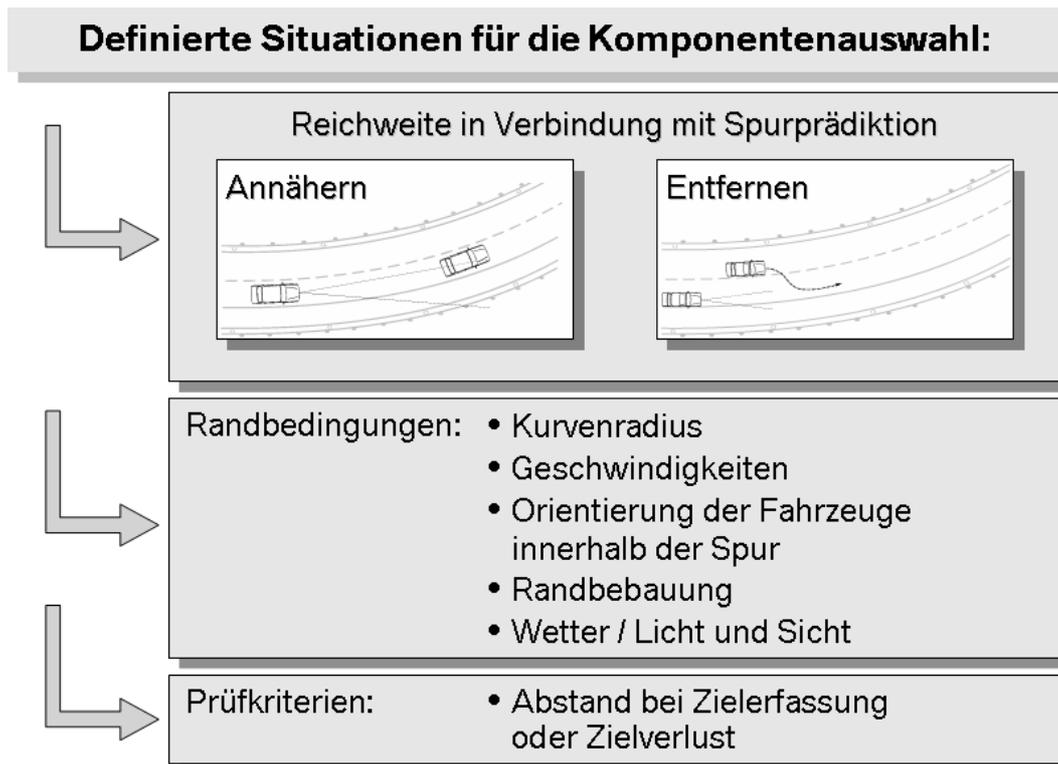


Abb. 2: Beispiel für die Anwendung definierter Szenarien für die Beurteilung eines Sensors

In späteren Systemtests werden Situationen beschrieben, die in einer gewissen Häufigkeit im späteren Fahrbetrieb erwartet werden. Das System muss zeigen, dass es in diesen Situationen im Sinne des Entwicklers arbeitet. Kritische Situationen aufgrund der Systemgrenzen sind meistens bekannt und werden gezielt aufgesucht, um so die Leistungsfähigkeit des Systems beurteilen zu können. Die weitere Zunahme unterstützender Systeme und deren stärkere Vernetzung erfordert eine erweiterte Herangehensweise an die Spezifikation und Überprüfung der Systemfunktionen und damit eine erweiterte Beschreibung möglicher Fahrsituationen innerhalb des Spannungsfeldes Fahrer-Fahrzeug-Umwelt. Durch das Zusammenspiel unterschiedlicher Fahrerassistenzsysteme entstehen Situationen, in denen sich mehrere Systemfunktionen überschneiden. Es ist nicht mehr ausschließlich zu prüfen, ob ein System in einer Fahrsituation einen bestimmten Zweck erfüllt, es ist vielmehr sicherzustellen, dass sich die Assistenzsysteme im wechselseitigen Zusammenspiel (ggf. auch mit anderen Systemen, z.B. Fahrdynamik-Regelsystemen) in allen relevanten Fahrsituationen stimmig verhalten – insbesondere an der Schnittstelle zum Fahrer.

Auch bei der Bewertung aktiver Sicherheitssysteme wird gerne auf die Einzelfallanalyse zurückgegriffen, in der aus Betrachtungen des realen Unfallgeschehens heraus Szenarien definiert werden, die repräsentativ für bestimmte Unfalltypen

sind. Diese charakteristischen Szenarien lassen sich dann detaillierter im Hinblick auf die Wirksamkeit eines Systems der aktiven Sicherheit untersuchen.

An vielen Stellen hilft also die Typisierung und Klassifizierung von Abläufen, Maßnahmen zu entwickeln. Jedoch gibt es nur wenige „fertige“ Testverfahren, um Komponenten und Systeme zu testen und vor allem für die Serie abzusichern. Die Verifizierung und die Validierung liegen meist im Ermessen des einzelnen Systementwicklers. Somit werden an verschiedenen Stellen Situationen definiert, die nach unterschiedlichen Mustern beschrieben werden. Um Fahrsituationen strukturiert zu beschreiben, wird der Referenzkatalog für Fahrsituationen in einer umfangreichen Datenbasis die Elemente zur Verfügung stellen, die eine Beschreibung von Verkehrs- oder Fahrsituationen ermöglichen. Es kann somit sichergestellt werden, dass alle Nutzer ein einheitliches Verständnis einer Situation haben. Dieses schafft eine gemeinsame Kommunikationsbasis untereinander als auch an der Schnittstelle zu externen Entwicklern. Mehrdeutig interpretierbare Aussagen werden zuverlässiger verhindert.

Insgesamt schafft der Katalog ein hohes Maß an Transparenz durch eine klare Definition und vollständige Darstellung von Anforderungen zu einem frühen Zeitpunkt der Entwicklung. Er ist an vielen Stellen ein wichtiger Bestandteil der interdisziplinären Entwicklung und Integration der Systeme in das Gesamtfahrzeug. So ist bereits bei der Aufstellung der Anforderungen zu beachten, in welchen Verkehrskontexten oder unter welchen Umgebungsbedingungen welche Fahraufgaben wie stark unterstützt werden sollen (Abb. 3). Dabei sind die Verfügbarkeit und die Güte der Funktion zu beschreiben, die sie in bestimmten Situationen erreichen soll. Auch bei der Umsetzung des aus den Anforderungen heraus folgenden Gesamtkonzeptes werden wieder genau definierte Situationen genutzt.

Der Katalog stellt eine Ausgangsbasis zur Verfügung, anhand derer sinnvolle Funktionscluster bzw. sinnvolle Wirkpakete für die Systeme der Fahrerassistenz und der aktiven Sicherheit zusammengestellt werden können. Ebenso können recht schnell Funktionswechselwirkungen und auch Funktionslücken identifiziert werden. Somit können einerseits die Funktionswechselwirkungen spezifiziert werden und andererseits Sollübergänge zwischen den Funktionen definiert werden. Generell erfolgt eine sinnvolle Unterstützung der Absicherung durch die Ableitung von geeigneten Testszenarien und Erprobungsfahrsituationen zur Validierung der gestellten Anforderungen. Auch Untersuchungen der Funktionssicherheit können durch die Bildung definierter Fahrsituationen unterstützt werden.

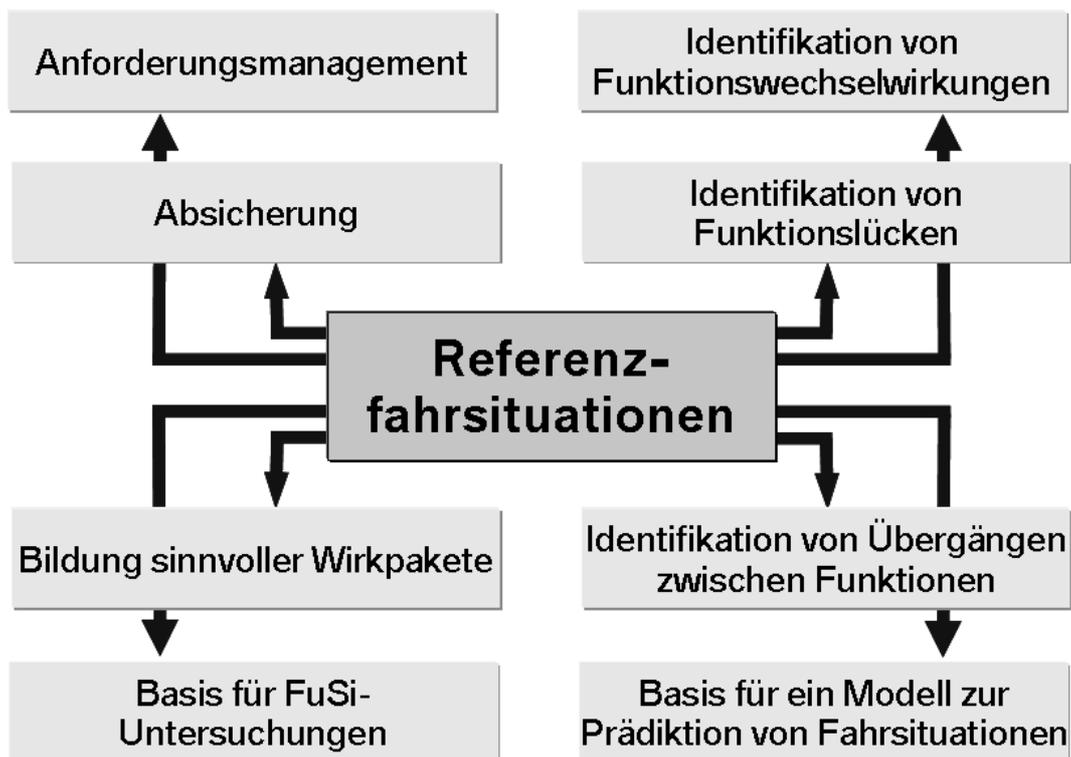


Abb. 3: Vielfältiger Einsatz von Referenzfahrsituationen

3. Der Begriff der Verkehrssituation, der Fahrsituation und der Fahrersituation

In Verbindung mit dem Autofahren werden immer wieder die Begriffe der „Verkehrssituation“ oder der „Fahrsituation“ aufgegriffen und ganz selbstverständlich verwendet. Auch in den vorangegangenen Kapiteln wurden diese Begriffe bereits eingeführt. Aus dem Kontext heraus ist meist verständlich, was unter diesen Begriffen zu verstehen ist. Trotz der breiten Verwendung des Situationsbegriffes stellt sich die Frage, was denn genau unter einer „Verkehrssituation“ oder einer „Fahrsituation“ zu verstehen ist. Offensichtlich haben die Begriffe eine voneinander abweichende Bedeutung, hängen aber eng miteinander zusammen.

Grundsätzlich beschreibt eine Situation eine vorgegebene „Lage“. In dieser ist man an ganz bestimmte Umstände gebunden, die die Möglichkeiten des Handelns vorgeben, gleichzeitig aber auch einschränken. Die Situation stellt also die Rahmenbedingungen, unter denen ein Handeln gefordert wird oder möglich ist. Für den Autofahrer werden diese Bedingungen unter anderem vom Verkehrsgeschehen und den Umgebungsbedingungen diktiert. Ein wesentlicher Punkt jedoch ist die subjektive Wahrnehmung des Autofahrers selbst. Eine Beschreibung rein nach baulichen oder verkehrstechnischen Einrichtungen reicht damit für die Beschreibung einer Verkehrs- oder Fahrsituation nicht aus.

Eine geeignete Definition der Verkehrssituation ist in der Arbeit von [REI01] zu finden. Dort wird die Verkehrssituation als „die objektiv gegebene räumliche und zeitliche Konstellation der verkehrsbezogenen Einflussgrößen der Arbeitsumgebung der Verkehrsteilnehmer“ definiert. Die Sichtweise auf diese Situation ist rein objektiv. Demgegenüber wird der Begriff der Fahrsituation als „der aus Fahrersicht prinzipiell wahrnehmbare Ausschnitt aus der Verkehrssituation“ eingeführt. Auch hier wird eine rein objektive Beschreibung angewandt, jedoch wird die mögliche Beeinflussung des eigenen Fahrzeugs durch andere Verkehrsteilnehmer oder Umgebungsbedingungen berücksichtigt. Die subjektiv vom Fahrer erlebte Situation wird als Fahrersituation bezeichnet. Es ist „die vom Fahrer eines Kraftfahrzeugs tatsächlich wahrgenommene Situation“. Damit ist die Fahrsituation ein Ausschnitt aus der Verkehrssituation. Die Fahrsituation stimmt im Idealfall mit der Fahrsituation überein, kann aber auch deutlich davon abweichen. Diese Einteilung soll grundsätzlich auch als Basis für den Referenzkatalog für Fahrsituationen beibehalten werden. Eine genaue Beschreibung der Szene, in der die Verkehrssituation stattfindet, erfolgt dann anhand statischer (Straßentyp, Streckenverlauf, Bebauung, usw.) sowie dynamischer Merkmale (Wetter, Licht, usw.) (Abb. 4). Innerhalb einer Fahrsituation führt der Fahrer bestimmte Handlungen und Manöver durch, die dann eine Fahrsituation beenden und in eine neue überführen.

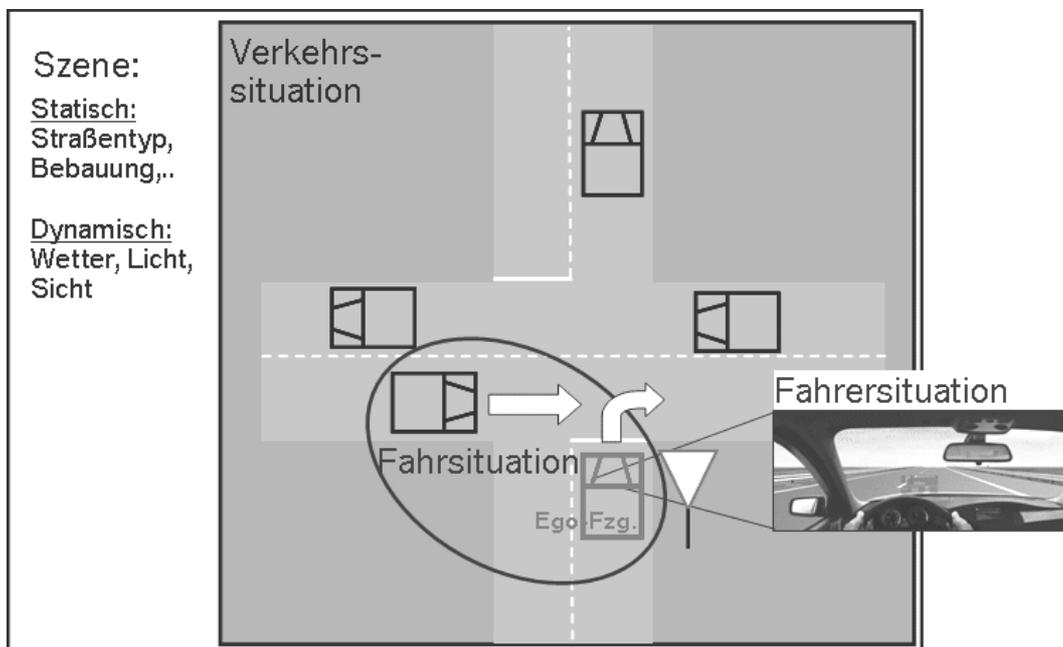


Abb. 4: Abgrenzung von Verkehrs-, Fahr- und Fahrersituation

Für eine Auswahl und Definition von Fahrsituationen in einer Datenbank muss eine Struktur geschaffen werden, anhand derer eine Auswahl und Zuordnung möglich ist. Geht man nun vom Menschen als Nutzer des Katalogs aus, so wird man feststellen, dass der Mensch nicht so viele Fahr- und Verkehrssituationen unter-

scheidet. Auch haben Überlegungen gezeigt, dass die Anzahl relevanter Fahrsituationen zunächst endlich ist. Ausgehend von dieser endlichen Liste an Fahrsituationen werden dann die Randbedingungen, unter denen diese stattfinden, innerhalb des Feldes Fahrer-Fahrzeug-Umwelt beschrieben (Abb. 5).

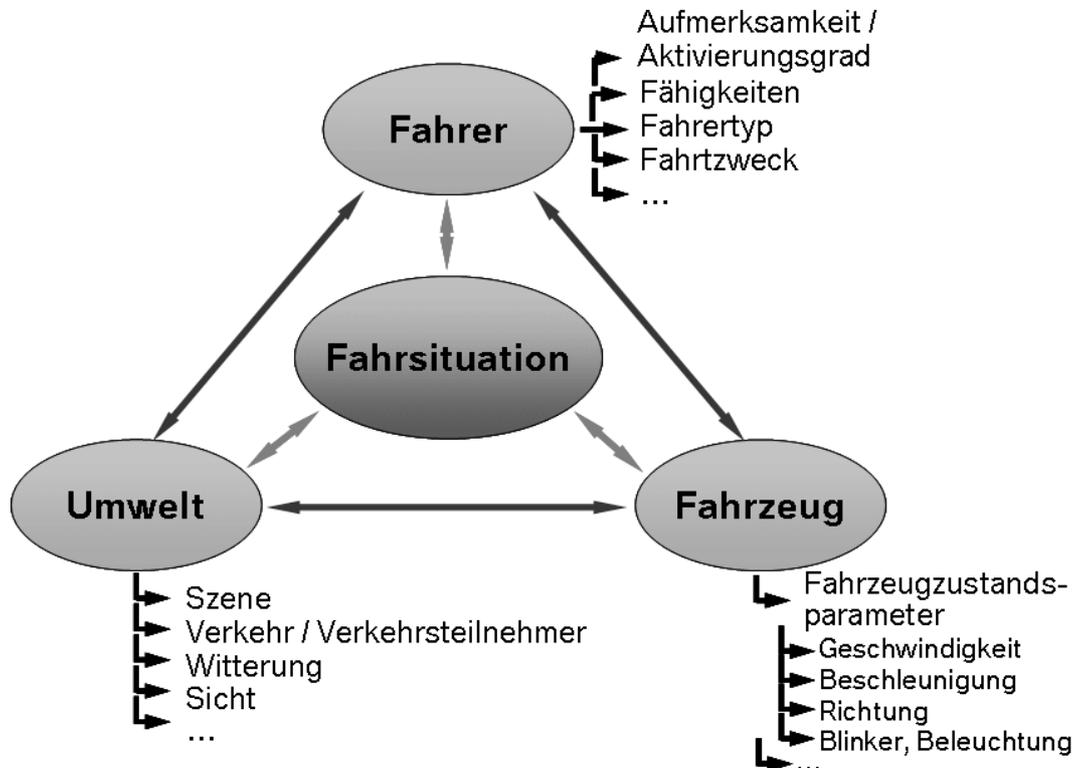


Abb. 5: Beschreibung der Verkehrssituation

Zunächst wird die Umwelt durch Merkmale wie Straßen und Verkehrsflächen, Verkehr und Verkehrsteilnehmer, Witterung, Sicht, usw. beschrieben. Der Bewegungszustand der beteiligten Fahrzeuge wird durch entsprechende Fahrzeugparameter beschrieben. Dieses sind unter anderem Geschwindigkeit und Beschleunigung der Fahrzeuge. Aber auch Signale die die Fahrzeuge an die Umwelt abgeben, werden beschrieben. Als wesentliches Element ist der Fahrer mit seinen Eigenschaften in die Beschreibung mit aufzunehmen. Hier werden Merkmale wie der Aktivierungsgrad des Fahrers, der Fahrertyp oder seine spezifischen Fähigkeiten aufgeführt. Die Fahrersituation wird aus den gleichen Merkmalen heraus wie die Fahrsituation beschrieben, kann sich jedoch deutlich von ihr unterscheiden. Bei der Beschreibung der Verkehrssituation ist zu beachten, dass objektbezogene veränderliche Daten für jedes interessierende Objekt vergeben werden müssen. Der Wertebereich ist dabei kontinuierlich (Distanz, Größe, Klasse,...) auszulegen. Unschärfe Wertebereiche (gut / mittel / schlecht) sind zu vermeiden, da diese wieder zu Missverständnissen führen können.

4. Zusammenfassung

Der Katalog für Referenzfahrtsituationen stellt detailliert beschriebene Verkehrssituationen bereits von Beginn der Entwicklung an jedem Beteiligten gleichermaßen zugänglich und gleichermaßen verständlich zur Verfügung. Durch die systematische Beschreibung von Verkehrssituationen wird die Entwicklung von Systemen der aktiven Sicherheit beginnend beim Aufstellen der Anforderungen bis hin zur Absicherung und Validierung unterstützt.

Der Katalog stellt zunächst eine Datenbank mit einer Reihe von Merkmalen zur Beschreibung der Fahrsituationen bereit. Das Aufstellen der zugehörigen Verkehrssituationen erfolgt zunächst manuell. Langfristig ist in weiteren Ausbaversionen eine toolgestützte Generierung und Variation der Verkehrssituationen vorgesehen.

Natürlich erhebt der Katalog keinen Anspruch auf vollständige Beschreibung aller im Straßenverkehr vorkommenden Verkehrssituationen. Da die Variationsbreite der Verkehrssituationen nahezu unendlich groß ist, wäre das auch nicht möglich. Dennoch wird der Umfang des Katalogs ständig zunehmen und die häufigsten Verkehrssituationen mit einer großen Anzahl von Variationen beschreiben können. Um ein genaueres Abbild der im Verkehrsgeschehen relevanten Situationen zu erhalten, werden Verkehrssituationen in der Praxis betrachtet und in das Beschreibungsschema des Katalogs umgesetzt. Auch mögliche Synergien zur Unfallforschung und deren Beschreibung von Unfallsituationen werden dabei betrachtet. Dabei ist grundsätzlich zu überlegen, ob die bisherigen Beschreibungsmerkmale ausreichen oder ob neue Kategorien hinzugefügt werden müssen. Die offene Struktur lässt dieses aber jederzeit zu.

Insgesamt soll die Situationsauswahl langfristig eine automatisierte Betrachtung relevanter Situationen ermöglichen. So kann schnell eine Übersicht gewonnen werden, an welchen Stellen Assistenzsysteme den Fahrer sinnvoll unterstützen, an welchen Stellen Wechselwirkungen zwischen den Systemen beachtet werden müssen und ob der Mensch die ihm angebotene Unterstützung richtig nutzen kann. Das ersetzt nicht das Expertenwissen bei der Systemintegration kann aber eine wesentliche Unterstützung liefern.

5. Literatur

- [BMW05] BMW Group: „Ermittlung der notwendigen Maßnahmen zur Verbesserung des Absicherungsprozesses von Fahrerassistenzsystemen“, Interner Bericht, München 2005
- [FAC05] Fach, Dr. M. et al.: „Objektive Bewertungsverfahren für radbremsenbasierte Systeme der aktiven Sicherheit“ DC-Symposium 2005
- [FAS95] Fastenmeier, W.: „Autofahrer und Verkehrssituation: neue Wege zur Bewertung von Sicherheit und Zuverlässigkeit moderner Straßenverkehrssysteme“ Verlag TÜV Rheinland, Köln 1995
- [MEY07] Meyer, J.: „Modell des Fahrerverhaltens bei multifunktionaler Assistenz in ausgewählten Fahrsituationen“; Diplomarbeit Fachhochschule Technikum Wien, 2007
- [REI01] Reichart, G.: „Menschliche Zuverlässigkeit beim Führen von Kraftfahrzeugen“. Fortschr.-Ber. VDI Reihe 22 Nr. 7. VDI Verlag, Düsseldorf 2001
- [REI08] Reichart, Dr. G.: „Situationsbewusstsein – ein Konstrukt im Spannungsfeld von Intention, Erfahrung und Wahrnehmung“ Keynote zum Symposium „Das Konzept Situationsbewusstsein und seine Anwendung in Fahr- und Flugsicherheit“; Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch-Gladbach 2008