

Funktionsübergreifende Szeneninterpretation zur Vernetzung von Fahrerassistenzsystemen

Stefan Holder¹, Dr. Markus Hörwick², Dr. Hariolf Gentner³

¹ BMW Car IT GmbH, Petuelring 116, 80686 München, Fon: +49 89 189311 61, stefan.holder@bmw-carit.de

² BMW AG, Max-Diamand-Straße 13, 80788 München, Fon: +49 89 382 34237, markus.hoerwick@bmw.de

³ BMW AG, Max-Diamand-Straße 13, 80788 München, Fon: +49 89 382 38704, hariolf.gentner@bmw.de

Abstract

Die zunehmende Vernetzung von Fahrerassistenzsystemen (FAS) und die damit verbundene Mehrfachnutzung von Sensoren durch FAS-Funktionen erfordert eine generische Datenschnittstelle zur Beschreibung des Fahrzeugumfelds. Diese Datenschnittstelle ist nach dem Stand der Technik eine nicht-interpretierte Umfeldbeschreibung, die auch als Szene bezeichnet wird. In diesem Beitrag wird das bei BMW eingeführte und auf der Szenenbeschreibung aufbauende Konzept der funktionsübergreifenden Szeneninterpretation (FSI) vorgestellt. Mit der FSI wird das Ziel verfolgt, funktionsübergreifende Szeneninterpretationsalgorithmen zentral zu berechnen und die Ergebnisse dieser Algorithmen allen FAS-Funktionen zur Verfügung zu stellen. Neben einer detaillierten Beschreibung von Architektur, Ausprägungen und Kategorien der FSI erfolgt eine Einordnung der FSI in die bei BMW eingesetzte Umfeldmodell-Architektur.

1. Einleitung

Die zunehmende Vernetzung von Fahrerassistenzsystemen (FAS) und die damit verbundene Mehrfachnutzung von Sensoren durch FAS-Funktionen erfordert eine generische Datenschnittstelle zur Beschreibung des Fahrzeugumfelds [Schöttle 2011], die den FAS-Funktionen die Ergebnisse der Umfeldwahrnehmung zur Verfügung stellt. Diese Schnittstelle beschreibt „ein uninterpretiertes Abbild der aktuellen Verkehrsszene, das in einer für den Menschen verständlichen Repräsentationsform, beispielsweise einer Objektliste, vorliegt“ [Hörwick 2011, S. 54] und wird im Folgenden als Szenen-Schnittstelle bezeichnet (vgl. auch [Pellkofer 2003] und [Maurer 2000]).

Die Umfelddaten der Szenen-Schnittstelle bedienen verschiedenartige Szeneninterpretations-Algorithmen, die traditionell Bestandteil der FAS-Funktionen sind. Durch diese Algorithmen werden die Umfelddaten der Szenen-Schnittstelle plausibilisiert, im Rahmen der Situationsanalyse mit Informationen angereichert und die resultierende Situation schließlich bewertet. Bei der BMW Group wurde untersucht, welche der Algorithmen funktionsübergreifend ausführbar sind, d.h. welche von mehreren FAS-Funktionen genutzt und damit zentral berechnet werden können. Dieser Vorgang wird als funktionsübergreifende Szeneninterpretation (FSI) bezeichnet. Somit stehen den nachfolgenden FAS-Funktionen neben der Szenen-Schnittstelle auch die Ergebnisse der FSI über die sogenannte FSI-Schnittstelle zur Verfügung.

Bild 1 verdeutlicht die historische Entwicklung bei der Aufspaltung von FAS-Funktionen in funktionspezifische und funktionsübergreifende Anteile. In der Vergangenheit wurde jede FAS-Funktion von der Sensorik bis zur Aktorik als eigenständiges System

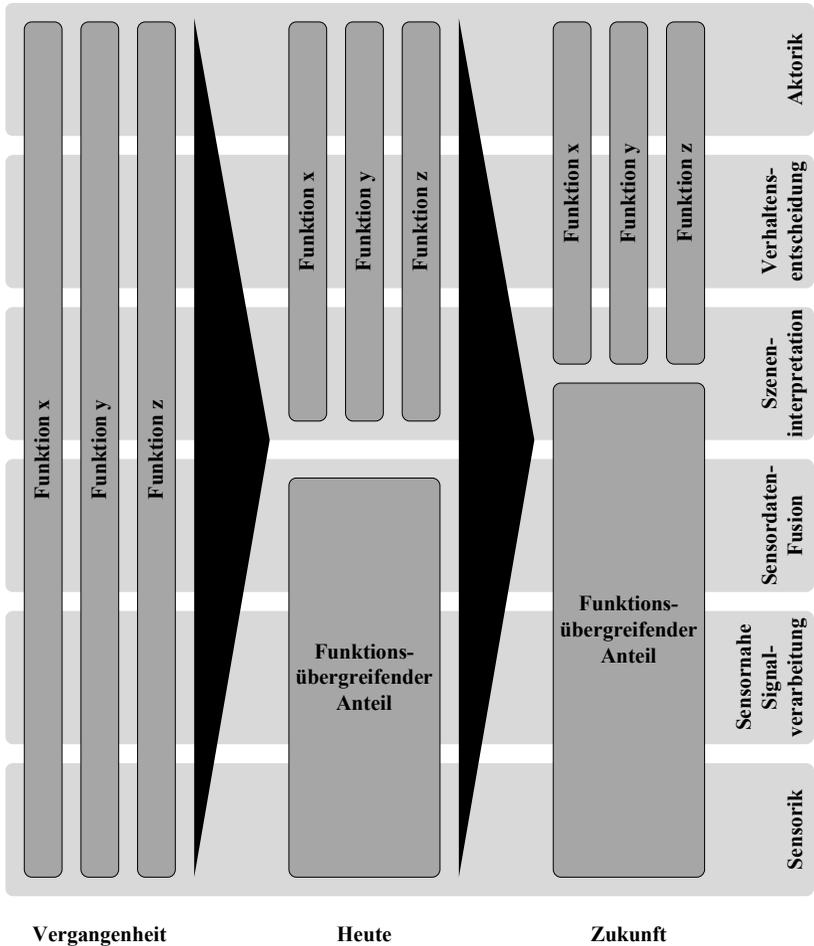


Bild 1: Funktionsübergreifende Anteile der FAS-Funktionen

realisiert. Dagegen wird nach heutigem Stand der Technik die Umfeldwahrnehmung bestehend aus Sensorik, sensornaher Signalverarbeitung und Sensordatenfusion funktionsübergreifend realisiert, während die Szeneninterpretation, Verhaltensentscheidung und Aktorik spezifisch für jede FAS-Funktion umgesetzt wird. Durch die

Einführung der FSI in die FAS-Architektur wird der heutige funktionsübergreifende Anteil zukünftig um die Anteile der FSI erweitert.

Durch die konsequente Einführung der FSI in die bestehende FAS-Architektur ergeben sich folgende Vorteile:

- Umfelddaten der Szene werden in gleicher Weise interpretiert. Dies reduziert die Komplexität des FAS-Gesamtsystems und erhöht die Konsistenz des FAS-Gesamtverhaltens.
- FSI-Algorithmen müssen nur einmal berechnet werden, was die benötigte Gesamtrechenleistung reduziert.
- Die durch die FSI gewonnenen Informationen stehen prinzipiell allen Funktionen zur Verfügung. Dies ermöglicht Funktionsverbesserungen, die für Einzelfunktionen zu aufwändig wären.
- Mittels FSI können verschiedenartige Informationen der Szene miteinander plausibilisiert werden. Dies entspricht einer Eigendiagnose der Umfeldwahrnehmung, durch die eine fehlerhafte Umfeldwahrnehmung vermieden und damit ein Fehlverhalten der FAS-Funktionen verhindert wird. Zusätzlich kann die Güte von Umfelddaten durch Fusion verbessert werden.

In diesem Beitrag werden die Ergebnisse der Aktivitäten bei BMW zur Einordnung der FSI in die FAS-Gesamtarchitektur und zur systematischen Identifizierung von FSI-Algorithmen vorgestellt. Konkret erfolgte die Identifizierung möglicher FSI-Algorithmen zunächst durch Brainstormings mit den Funktionsverantwortlichen der FAS-Funktionen. Die gesammelten Ideen wurden in Kategorien unterteilt und es wurden Steckbriefe mit den Grundideen der FSI-

Algorithmen erstellt. Anschließend erfolgte eine Bewertung und Priorisierung der Ideen.

Die folgenden Kapitel sind wie folgt aufgebaut. In Kapitel 2 werden zunächst die Szenen- und die FSI-Schnittstelle in Anlehnung an [Schöttle 2011] im Kontext der bei BMW eingesetzten Umfeldmodell-Architektur beschrieben. In Kapitel 3 erfolgt eine Systematisierung der FSI durch Beschreibung der Architektur, Ausprägungen und Kategorien der FSI.

2. Umfeldmodell-Architektur

2.1 Einführung in die Umfeldmodell-Thematik

Bei der BMW Group wird seit einiger Zeit im Rahmen der Entwicklung von Fahrerassistenzsystemen (FAS) an einem sogenannten Umfeldmodell (UFM) gearbeitet (vgl. [Schöttle 2011]). Das UFM adressiert den Teil der Hardware- und Softwarearchitektur von FAS, der die logische Aufbereitung von Umfelddaten übernimmt und somit entlang der Signalverarbeitungskette zwischen der sensornahen Signalverarbeitung und den FAS-Funktionen liegt (vgl. Bild 2). Wie sich erkennen lässt, besteht das UFM aus funktionalen Softwaremodulen, die den FAS-Funktionen Informationen bzgl. der Umwelt zur Verfügung stellen, und auf verschiedene Steuergeräte verteilt sind. Neben den abgebildeten Sensortypen werden auch Ultraschall-, Laser- und Infrarot-Systeme sowie Systeme zur Car-2-X-Kommunikation betrachtet. Zum heutigen Zeitpunkt ist jeder physikalische Sensor in der Regel an genau ein entsprechendes Steuergerät angeschlossen, auf dem auch die sensornahe Signalverarbeitung erfolgt. Im Fokus der Betrachtung stehen vor allem hochinnovative, aktive FAS-Funktionen, die in die Fahrzeug-Längs- und Quer-

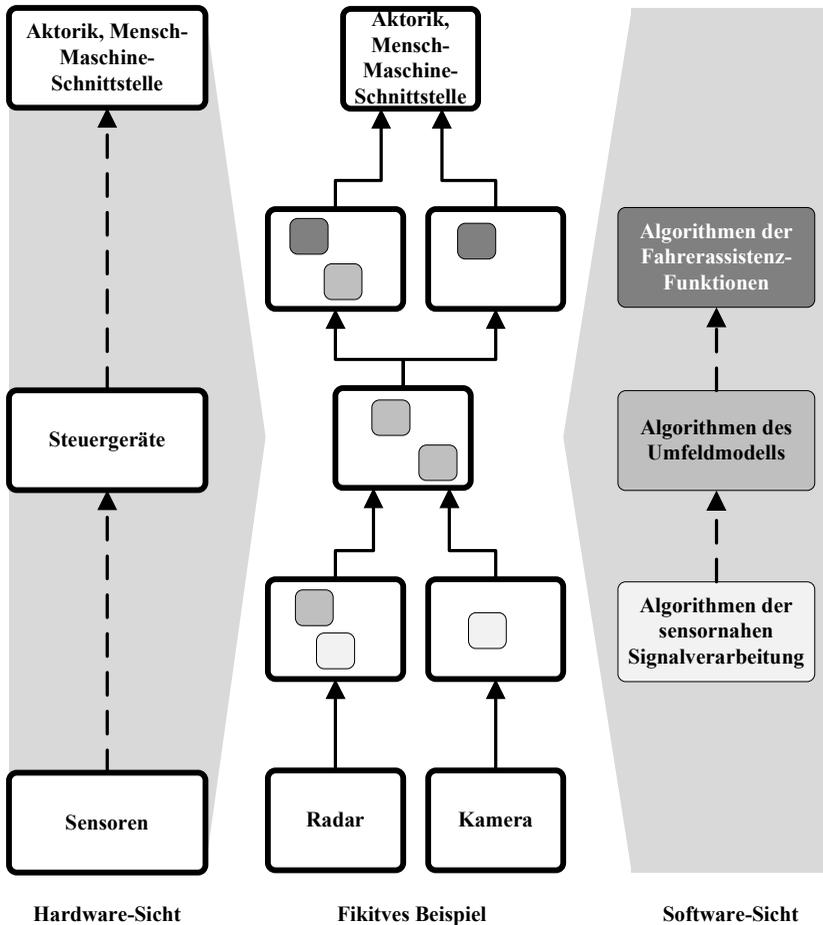


Bild 2: Einordnung Umfeldmodell in die FAS-Architektur

führung eingreifen, wie beispielsweise das Komfortsystem Stauassistent (vgl. [Schaller 2009]) oder Sicherheitssysteme, die ein Notausweichen realisieren (vgl. [Stählin et al. 2006]). Prinzipiell ist jedoch das Ziel, dass auch Funktionen, die lediglich die Mensch-Maschine-Schnittstelle ansprechen wie beispielsweise das BWM Top View, auf dem UFM aufbauen.

Die Entwicklung eines konsistenten UFM verfolgt im Wesentlichen folgende Ziele:

- Realisierung neuartiger vernetzter Funktionen bzw. Verbesserung bestehender Funktionen, indem zusätzliche Umfelddaten überall dort im Bordnetz verfügbar gemacht werden, wo sie benötigt werden
- Entkopplung von Funktions- und Sensorentwicklung, um FAS schneller und flexibler sowie mit höherer Robustheit bei gleichzeitig reduziertem Absicherungsaufwand zu entwickeln
- Einführung entsprechender definierter, konsistenter Software-Schnittstellen, um die Wiederverwendung reifer Software-Komponenten zu ermöglichen
- Schaffung eines größeren architekturellen Gestaltungsspielraums bzgl. der Partitionierung von FAS-Funktionen auf Steuergeräte

2.2 Grundbausteine des Umfeldmodells

Im Folgenden werden die Grundbausteine des UFM und deren architekturelles Ineinandergreifen im Sinne eines Schichtenmodells erläutert. Fundamental für das Verständnis ist dabei die Darstellung der Gesamtsystemarchitektur aller in einem Fahrzeug verbauten, UFM-relevanten FAS in Form *einer* Wirkkette. Eine Wirkkette bildet das Aufeinanderfolgen konkreter, funktionaler Softwaremodule bzw. Algorithmen entlang der Signalverarbeitungskette beginnend bei der Quelle, also den Sensorrohdaten, bis hin zur Senke, sprich den Algorithmen der FAS-Funktionen, ab. Jedes funktionale Softwaremodul ist auf genau einem Steuergerät

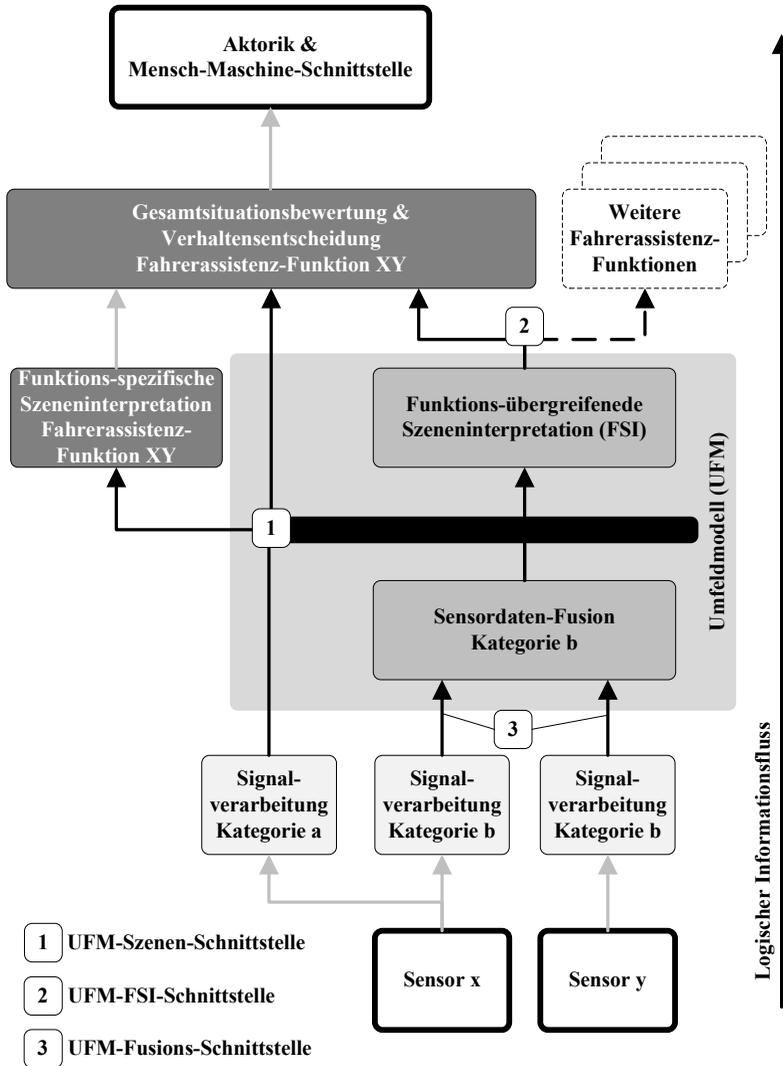


Bild 3: Einordnung Umfeldmodell in die FAS-Architektur
(Graustufen der Softwaremodule analog Bild 2)

partitioniert und hat genau eine konkrete Ausgabeschnittstelle über die es anderen Softwaremodule, die auch auf anderen Steuergeräten implementiert sein können, Informationen zur Verfügung stellt.

Funktionale Softwaremodule lassen sich gemäß Bild 3 verschiedenen logischen Schichten zuordnen. Bei diesen abstrakten Software-Schichten handelt es sich von unten nach oben gelesen und dem logischen Informationsfluss folgend um die eingangs erwähnte sensornahе Signalverarbeitungsschicht, die Sensordaten-Fusions-schicht, die Szeneninterpretationsschicht und schlussendlich die Gesamtsituationsbewertungs- und Verhaltensentscheidungsschicht. Diese hierarchische Gliederung erfolgt in Anlehnung an den Stand der Technik (vgl. beispielsweise [Maurer 2000] und [Hörwick 2011]).

Die letztgenannte Schicht ist vollständig den FAS-Funktionen zuzuordnen und stellt somit den Abnehmer für die im UFM generierten Informationen dar. Sie hat die Aufgabe unter Verwendung ihrer Eingangsdaten für jede FAS-Funktion eine Gesamtsituationsbewertung durchzuführen. Auf Basis der Gesamtsituationsbewertung wird jeweils eine entsprechende Verhaltensentscheidung durchgeführt und die Aktorik sowie die Mensch-Maschine-Schnittstelle angesteuert. Die Eingangsdaten der Gesamtsituationsbewertungs- und Verhaltensentscheidungsschicht lassen sich in drei Gruppen unterteilen (vgl. Bild 3). Bei der ersten und wichtigsten Gruppe handelt es sich um jene Ausgangs-Schnittstelle des UFM, die die aktuelle Szene im Umfeld des Fahrzeugs in nicht interpretierter Weise beschreibt. Sie wird im Folgenden gesamthaft mit „UFM-Szenen-Schnittstelle“ bezeichnet und kann wiederum in folgende sechs Kategorien eingeteilt werden (vgl. [Schöttle 2011]):

- Dynamische Objekte, beispielsweise Fahrzeuge
- Freiräume (explizit als frei klassifizierte Bereiche)
- Bodenmarkierungen, beispielsweise Fahrspurmarkierungen
- Verkehrszeichen
- Bodenunebenheiten
- Prädiktive Streckendaten, die entweder aus einer Onboard-Datenbank, beispielsweise einer Navigationskarte, oder der Car-2-X-Kommunikation entstammen

Um die in Abschnitt 2.1 genannten Ziele des UFM zu erreichen, ist es für alle UFM-Szenen-Schnittstellen von großer Wichtigkeit, funktionsübergreifende Standards zu definieren. Dies betrifft insbesondere Schnittstellen, die sich über Steuergeräte-Grenzen hinweg erstrecken und somit im Bordnetz abgebildet werden müssen. Weiterhin ist anzustreben, dass es für jede Umfeld-Information nur genau eine Quelle im gesamten Fahrzeug gibt und das UFM somit als zentrale Instanz hinsichtlich des Zugriffs auf Umfeld-Daten fungiert. Man spricht in diesem Zusammenhang von Single Point of Truth.

Wie eben bereits angedeutet liefert die UFM-Szenen-Schnittstelle ein Abbild der momentan messtechnisch erfassten Szene im Umfeld um das eigene Fahrzeug. Die Daten dieser Schnittstelle sind Eingang für die Szeneninterpretations-Schicht, die diese Daten plausibilisiert, im Rahmen einer Situationsanalyse mit neuen Informationen anreichert und die resultierende Situation schließlich bewertet. Wie aus Bild 3 zu erkennen ist, lässt sich die Szeneninterpretations-Schicht in einen funktionspezifischen und einen funktionsübergreifenden Anteil (die FSI) trennen. Die beiden Anteile unterscheiden sich dadurch, dass die Algorithmen der FSI im Gegensatz zum funktionspezifischen Anteil Informationen generieren, die nicht nur

für eine, sondern für mehrere FAS-Funktionen benötigt werden. Aufgrund ihrer verallgemeinerten Gültigkeit werden die funktionsübergreifende Szeneninterpretation und ihre Ausgangs-Schnittstelle (vgl. UFM-FSI-Schnittstelle in Bild) dem UFM zugerechnet. Sie stellen den Hauptbetrachtungsgegenstand dieses Beitrags dar und werden in Kapitel 3 näher beleuchtet.

Die Umfelddaten der UFM-Szenen-Schnittstelle bzgl. einer der sechs Kategorien entstammen entweder direkt einem entsprechenden Signalverarbeitungsmodul (vgl. Block „Signalverarbeitung Kategorie a“ in Bild 3) eines einzelnen Sensors oder, falls mehrere Sensoren zur Berechnung verwendet werden, einem entsprechenden Sensor-daten-Fusionsmodul (vgl. Block „Sensordaten-Fusion Kategorie b“ in Bild 3). Da das UFM, wie bereits angedeutet, die Aufgabe hat Umfelddaten zu bündeln und als zentrale Instanz zur Verfügung zu stellen, wird auch die Sensordaten-Fusion mit ihren zugehörigen Eingangsschnittstellen (vgl. UFM-Fusions-Schnittstellen in Bild 3) dem UFM zugerechnet.

Zusammenfassend sei nochmals darauf hingewiesen, dass der Begriff Umfeldmodell im Verständnis der BMW Group über die in der Literatur gängige Definition einer konsistenten Schnittstelle zur Beschreibung der aktuellen Verkehrsszene (vgl. [Hörwick 2011]) hinausgeht und insbesondere funktionale Softwaremodule zur Sensordatenfusion und funktionsübergreifenden Szeneninterpretation, sowie deren Eingangs- und Ausgangsschnittstellen miteinschließt.

3. Funktionsübergreifende Szeneninterpretation

3.1 Architektur und Ausprägungen der funktionsübergreifenden Szeneninterpretation

Wie bereits in Abschnitt 2.2 ausgeführt, lässt sich die Szeneninterpretationsschicht in einen funktionspezifischen und einen funktionsübergreifenden Anteil (die FSI) trennen. Hauptmerkmal der FSI ist, dass Informationen für mehrere FAS-Funktionen generiert werden.

Die FSI wird durch spezielle funktionale Softwaremodule realisiert, die im Folgenden als FSI-Module bezeichnet werden. Die FSI-Module lassen sich gemäß Bild 4 den logischen Schichten Plausibilisierung und Fusion von Umfelddaten, Anreicherung der

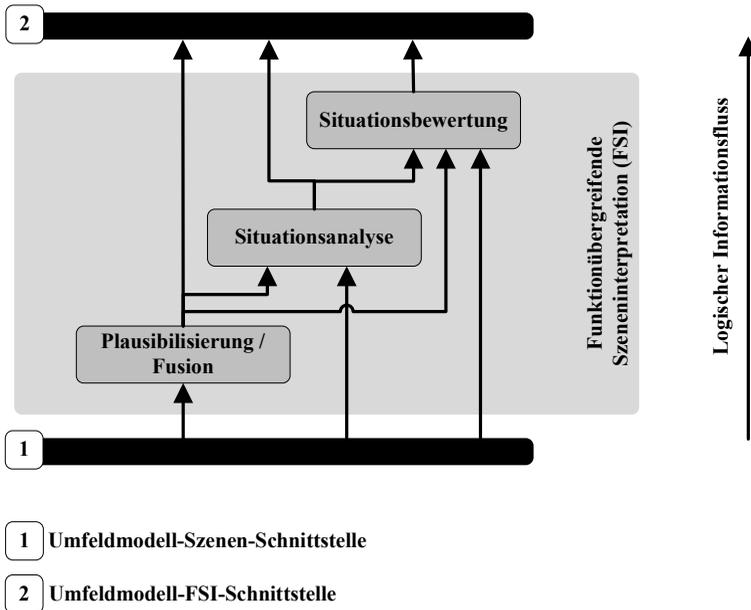


Bild 4: Logische Schichten der funktionsübergreifenden Szeneninterpretation (FSI)

Umfelddaten im Rahmen der Situationsanalyse und Bewertung der resultierenden Situation zuordnen.

Die Daten der UFM-Szenen-Schnittstelle (Schnittstelle „1“) stehen allen logischen FSI-Schichten als Eingangsdaten zur Verfügung. Weitere Eingangsdaten der logischen Schichten Situationsanalyse und Situationsbewertung sind die Ausgangsdaten der darunter liegenden logischen FSI-Schichten. Die Ausgangsdaten aller logischen FSI-Schichten bilden zusammen die UFM-FSI-Schnittstelle (Schnittstelle „2“). Auf Basis der Daten dieser Schnittstelle zusammen mit den Daten der UFM-Szenen-Schnittstelle erfolgt die Gesamtsituationsbewertung und Verhaltensentscheidung der FAS-Funktionen. Im Folgenden werden die FAS-Funktionen, die durch die Ausgangsdaten der FSI bedient werden, als Abnehmer-Funktionen bezeichnet.

Unabhängig von der logischen FSI-Schicht können die Ausgangsdaten der FSI-Module (UFM-FSI-Schnittstelle) als Zustandsbeschreibungen aufgefasst werden. Prinzipiell kann zwischen kontinuierlichen und diskreten Zustandsbeschreibungen unterschieden werden. Da sich kontinuierliche Zustände typischerweise auch kontinuierlich über die Zeit ändern, erfolgt die Ausgabe der FSI-Module in diesem Fall oft durch zyklische Zustandsaktualisierungen. Bei diskreten Zuständen reicht dagegen die Signalisierung von Zustandswechseln aus. Zusätzlich zur Zustandsbeschreibung können Güteinformationen, z.B. in Form von Varianzen, berechnet und ausgegeben werden.

Bisher wurde von der Annahme ausgegangen, dass ein FSI-Modul basierend auf *einem* FSI-Algorithmus Ausgangssignale bereitstellt, die von mehreren Abnehmer-Funktionen verwendet werden. Es ist jedoch auch möglich, dass für mehrere Abnehmer-Funktionen

unterschiedliche Parametrierungen desselben FSI-Algorithmus erforderlich sind. In diesem Fall sprechen wir von einem parametrisierten FSI-Modul. Charakteristisch für parametrisierte FSI-Module ist, dass alle Parametrierungen auf demselben Algorithmus bzw. auf demselben physikalischen/mathematischen Modell beruhen und die Struktur der Ausgangsdaten unterschiedlicher Parametrierungen gleich oder zumindest ähnlich ist. Da sich die Ausgangswerte unterschiedlicher Parametrierungen selbst jedoch unterscheiden, geht bei parametrisierten FSI-Modulen der Vorteil einer einzigen zentralen Berechnung verloren. Außerdem besteht bei parametrisierten FSI-Modulen die Gefahr, dass Parametrierungen eng auf die Abnehmer-Funktionen abgestimmt werden und so bei einer Änderung der Abnehmer-Funktion eine Neuparametrierung notwendig wird. Aus diesen Gründen sind nicht-parametrisierte FSI-Module im Allgemeinen die bessere Wahl. Im Folgenden wird weiterhin von nicht-parametrierbaren FSI-Modulen ausgegangen.

3.2 Kategorisierung der funktionsübergreifenden Szeneninterpretation

In diesem Abschnitt erfolgt eine Detaillierung der logischen Schichten der FSI, die im vorherigen Abschnitt identifiziert wurden. Die Detaillierung erfolgt in Form einer Kategorisierung hinsichtlich der Art der FSI-Module (Welches Ziel verfolgt der FSI-Algorithmus?). Die Funktionsweise von FSI-Algorithmen (Wie funktioniert der FSI-Algorithmus?) wird dagegen nur am Rande betrachtet.

Die Kategorisierung der FSI hat neben dem theoretischen Nutzen einer Klassifikation auch praktische Vorteile. So ermöglicht die Kategorisierung eine systematische Identifizierung neuer FSI-Module. Außerdem ist die Kategorisierung hilfreich bei der Unter-

suchung von existierenden oder neu angedachten Algorithmen zur funktions*spezifischen* Situationsinterpretation hinsichtlich der Möglichkeiten einer Verallgemeinerung und damit eines funktionsübergreifenden Einsatzes.

Folgende Arten von FSI-Modulen können unterschieden werden:

1. Plausibilisierung und Fusion:

Bei dieser Art von FSI-Modulen werden keine zusätzlichen Informationen erzeugt, sondern es wird das Ziel einer konsistenten und einheitlichen Szenenrepräsentation verfolgt. Bei der Plausibilisierung erfolgt ein Abgleich von Umfeldmodell-Daten, die dieselben Aspekte der realen Welt beschreiben, jedoch aus unterschiedlichen Umfeldmodell-Kategorien stammen. Die Plausibilisierung kann damit auch als Eigendiagnose des Umfeldmodells betrachtet werden. Stimmen die Inputdaten im Wesentlichen überein, dann kann mit einer Fusion der Inputdaten eine verbesserte Zustandsschätzung erreicht werden. Handelt es sich dagegen um widersprüchliche Inputdaten, so erfordert dies gesonderte Entscheidungsprozesse in den Abnehmer-Funktionen (vgl. [Dietmayer et al. 2004]).

Ein Beispiel für Plausibilisierung/Fusion ist das bei BMW eingesetzte Speed Limit Info (SLI), bei dem die Tempolimit-Informationen aus der kamerabasierten Verkehrsschildererkenung und der digitalen Karte miteinander plausibilisiert und fusioniert werden. Ein weiteres Beispiel ist die Kurvenvorausschau, bei der die Straßengeometrie der digitalen Karte und der kamerabasierten Fahrspurerkennung unter zusätzlicher Verwendung von Daten der Fahrdynamik kombiniert werden (vgl. [Tsogas et al. 2007] und [Gackstatter et al. 2010]). Durch die Fusion der Eingangsgrößen wird eine einheitliche Darstellung der Straßengeometrie mit verbesserter

Güte über den Erkennungsbereich der Kamera hinaus erreicht. Weiterhin werden durch eine Plausibilisierung der Eingangsgrößen widersprüchliche Eingangsdaten identifiziert.

2. Situationsanalyse:

Durch die Situationsanalyse erfolgt eine Interpretation der bisher nicht-interpretierten Umfelddaten der Szene mit dem Ziel der Identifizierung aller Situationsaspekte, die für die nachgelagerte Situationsbewertung und Verhaltensentscheidung relevant sind.

Die Situationsanalyse kann zum einen bezüglich des Betrachtungsumfanga unterschieden werden. Bei der mikroskopischen Situationsanalyse werden die Bestandteile der Szene (siehe Abschnitt 1.2) entweder für sich oder deren Beziehungen zueinander analysiert. Dadurch werden neue Attribute von Objekten oder neue Objektbeziehungen wie beispielsweise die Spurzugehörigkeit eines Fahrzeugs identifiziert. Dagegen werden bei der makroskopischen Situationsanalyse neue abstrakte bzw. übergeordnete Sachverhalte wie Staus, Baustellen oder Gefahrenstellen unter Berücksichtigung der gesamten Szene gewonnen.

Zum anderen kann die Situationsanalyse hinsichtlich des momentanen Zeitpunkts oder prädiktiv geschehen. Bei der prädiktiven Situationsanalyse ist die Unterscheidung zwischen nicht-lebenden physikalischen Objekten und Subjekten, die zu eigenständigen Verhaltensentscheidungen in der Lage sind, hilfreich (vgl. [Pellkofer 2003]). Während bei nicht-lebenden physikalischen Objekten die Prädiktion durch Extrapolation auf Basis physikalischer Gesetze erfolgt, ist bei Subjekten die Identifikation von Handlungen und Handlungsalternativen erforderlich. Bei der Entwicklung prädik-

Tabelle 1: Beispiele für die Situationsanalyse

Betrachtungsumfang Zeithorizont	Mikroskopisch	Makroskopisch
Momentan	Spurzugehörigkeit	Stauerkennung, Baustellen- erkennung
Prädiktiv	Einscherer- Erkennung	Baustellen- erkennung

tiver FSI-Algorithmen ist besonders darauf zu achten, dass die Annahmen der Prädiktion für alle Abnehmer-Funktionen zutreffen.

In Tabelle 1 sind Beispiele für die Situationsanalyse aufgeführt. Die Ermittlung der Spurzugehörigkeit ist eine Analyse, bei der für das Ego-Fahrzeug oder ein Fremdfahrzeug ermittelt wird, auf welcher Fahrspur sich dieses befindet (vgl. [Pellkofer 2003]). Die Einscherer-Erkennung (vgl. [Dagli 2005]) erkennt das Einscheren eines Fremdfahrzeuges auf die Ego-Spur, also die Handlung eines Subjekts. Bei der Stauerkennung (vgl. [Böcker & Hötzer 2005], [Hörwick & Herbot 2009]) kommt es vor allem auf die momentane Situation an. Dagegen hängt es bei der Baustellenerkennung (vgl. [Kade 2011]) von den Anforderungen der Abnehmer-Funktionen ab, ob eine momentane Baustellenerkennung (aktuell Stau vorhanden?) oder eine prädiktive Baustellenerkennung (Baustelle z.B. in 100 m?) erforderlich ist.

3. Situationsbewertung:

Die Situationsbewertung hat das Ziel, für die Verhaltensentscheidung relevante Handlungsspielräume/Handlungsalternativen und Ziel-

größen auf Basis der erkannten Situation zu identifizieren. Ein Beispiel für eine Situationsbewertung ist die Ermittlung eines Fahrspurkorridors, der durch den Verlauf von Fahrstreifenmarkierungen am Boden, Randbebauungen, vorausfahrende Fahrzeuge oder Fahrzeugkolonnen in Nebenspuren festgelegt ist (vgl. [Hörwick 2011]).

4. Fazit

In diesem Beitrag wurde das Konzept der funktionsübergreifenden Szeneninterpretation (FSI) zur Vernetzung von Fahrerassistenzsystemen vorgestellt. Zum einen erfolgte eine Einordnung der FSI in die bei BMW eingesetzte Umfeldmodell-Architektur. Zum anderen wurden Architektur, Ausprägungen und Kategorien der FSI beschrieben. Dies ermöglicht eine systematische Identifizierung neuer FSI-Module sowie die Untersuchung von existierenden, funktionspezifischen Szeneninterpretations-Algorithmen hinsichtlich der Möglichkeiten einer Verallgemeinerung und damit eines funktionsübergreifenden Einsatzes.

Abschließend lässt sich festhalten, dass eine Verallgemeinerung funktionspezifischer Szeneninterpretations-Algorithmen zu FSI-Algorithmen umso einfacher ist, je weniger Annahmen beim Entwurf des Algorithmus getroffen wurden. Deshalb ist das Entwerfen von FSI-Modulen für Komfortfunktionen tendenziell weniger komplex als für Sicherheitsfunktionen.

Literatur

[Böcker & Hötzer 2005] BÖCKER, J., HÖTZER, D.: *Abstands- und Geschwindigkeitsregler mit Stauerkennung*. Patent-Offenlegungs-

schrift am deutschen Patent- und Markenamt, DE 10 2005 050 277 A1, 2005.

[Dagli 2005] Dagli, I.: Erkennung von Einscherer-Situationen für Abstandsregeltempomaten. Dissertation an der Eberhard-Karls-Universitäten Tübingen, 2005.

[Dietmayer et al. 2004] DIETMAYER, K., KIRCHNER A., KÄMPCHEN, N.: *Fusionsarchitekturen zur Umfeldwahrnehmung für zukünftige Fahrerassistenzsysteme*. In: Maurer, M., Stiller, C. (Hrsg.): Fahrerassistenzsysteme mit maschineller Wahrnehmung, 2004.

[Gackstatter et al. 2010] GACKSTATTER, C., HEINEMANN, P., THOMAS, S., ROSENHAHN, B., KLINKER, G.: *Fusion of clothoid segments for a more accurate and updated prediction of the road geometry*. 13th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), 2010.

[Hörwick & Herbort 2009] HÖRWICK, M., HERBORT, S.: Verfahren zum Betrieb eines Stauassistenzsystems. Patenteinreichung am deutschen Patent- und Markenamt, DE 10 2009 052 773, 2009.

[Hörwick 2011] HÖRWICK, M.: *Sicherheitskonzept für hoch-automatisierte Fahrerassistenzsysteme*. Dissertation an der TU München, Garching, 2011.

[Kade 2011] KADE, D.: *Early detection of road work zones and free form obstacles*. Masterarbeit an der Hochschule Darmstadt, 2011.

[Maurer 2000] MAURER, M.: *Flexible Automatisierung von Straßenfahrzeugen mit Rechnersehen*. Dissertation an der Universität der Bundeswehr München, Neubiberg, 2000.

[Pellkofer 2003] PELLKOFER, M.: *Verhaltensentscheidung für autonome Fahrzeuge mit Blickrichtungssteuerung*. Dissertation an der Universität der Bundeswehr München, Neubiberg, 2003.

[Schaller 2009] SCHALLER, T.: *Stauassistentz - Längs- und Querführung im Bereich niedriger Geschwindigkeit*. Dissertation an der TU München, Garching, 2009.

[Schöttle 2011] SCHÖTTLE, M.: *Zukunft der Fahrerassistenz mit neuen E/E-Architekturen*. ATZ Elektronik, 4/2011.

[Stählin et al. 2006] STÄHLIN, U., SCHORN, M., ISERMANN, R.: *Notausweichen für ein Fahrerassistenzsystem zur Unfallvermeidung*. VDI-Berichte Nr. 1931, 2006.

[Tsogas et al. 2007] TSOGAS, M., POLYCHRONOPOULOS, A., AMDITIS, A.: *Using digital maps to enhance lane keeping support systems*. Intelligent Vehicles Symposium, 2007.