

Vorsprung durch Technik



## Grundlegende Architekturentscheidungen für hochautomatisierte Fahrerassistenzsysteme am Beispiel einer Aktiven Gefahrenbremsung

S. Bouzouraa, M. Reichel, U. Hofmann, K.-H. Siedersberger, A. Siegel



# Gliederung

- ▶ Zielsetzung und Motivation
- ▶ Prinzipdarstellung FAS-Informationsverarbeitungskette
- ▶ Zentrale Wahrnehmung
  - ▶ Lösungsstrategie
  - ▶ Vernetzung des Ego-Master Moduls
  - ▶ Vernetzung des Karten-Masters zur Funktion: Belegungsextraktion
- ▶ Situationsanalyse
  - ▶ Lösungsstrategie
  - ▶ Ausweichanalyse für die Aktive Gefahrenbremsung
- ▶ Verhaltensgenerierung
  - ▶ Definition und Lösungsstrategie
  - ▶ Zustandsautomat der Aktiven Gefahrenbremsung
- ▶ Zusammenfassung

# Zielsetzung und Motivation

## ▶ Motivation:

- ▶ Anzahl der FAS-Funktionen im Fahrzeug steigt
- ▶ Mehrfachnutzung der Sensorik und der Umfeldwahrnehmungsmodule notwendig
- ▶ Plausibles, abgestimmtes Verhalten aller FAS-Funktionen

Durch gemeinsame Nutzung der Sensorik und Aktorik steigt die Komplexität

- ▶ Bedarf an effizienter und eng vernetzter Architektur

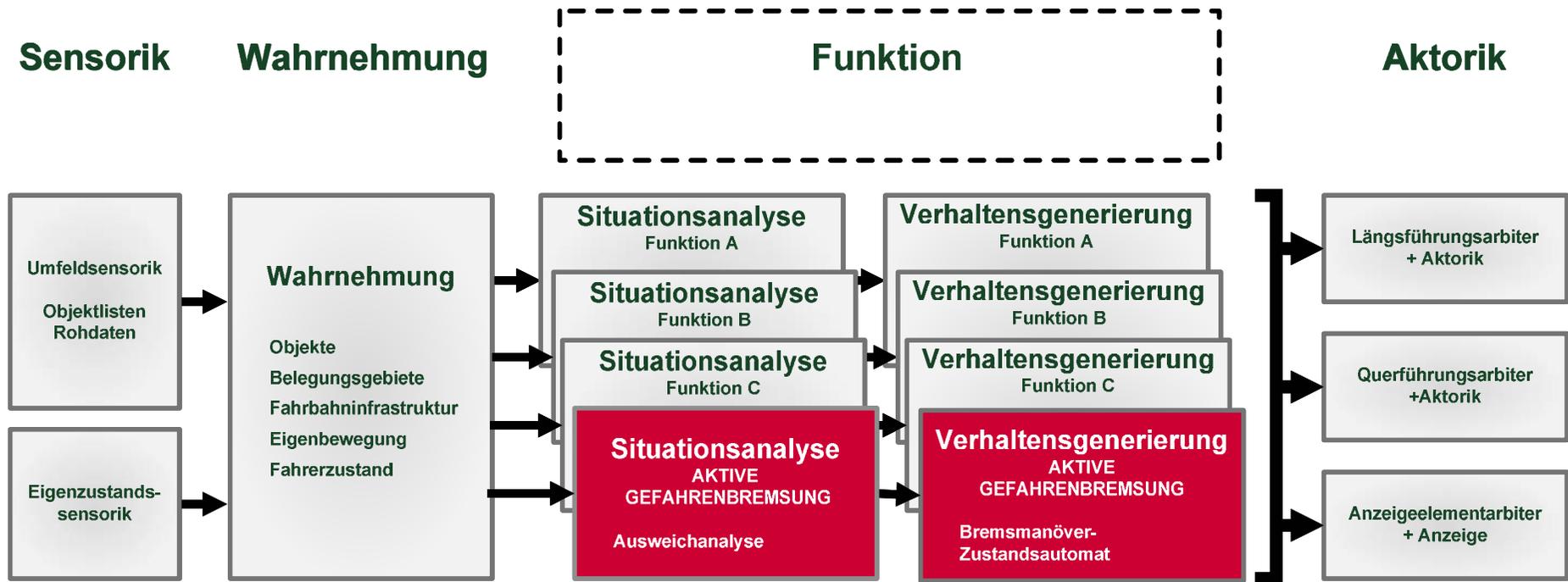
Funktionsspezifische Situationsanalysen und Verhaltensgenerierungen

- ▶ Verringerung der Komplexität durch einheitliche Architektur

## ▶ Ziele der Architektur:

- ▶ Effizienz, Kompaktheit, Konsistenz, Plausibilität, klar definierte Schnittstellen, eindeutige Informationsquellen und Modularität

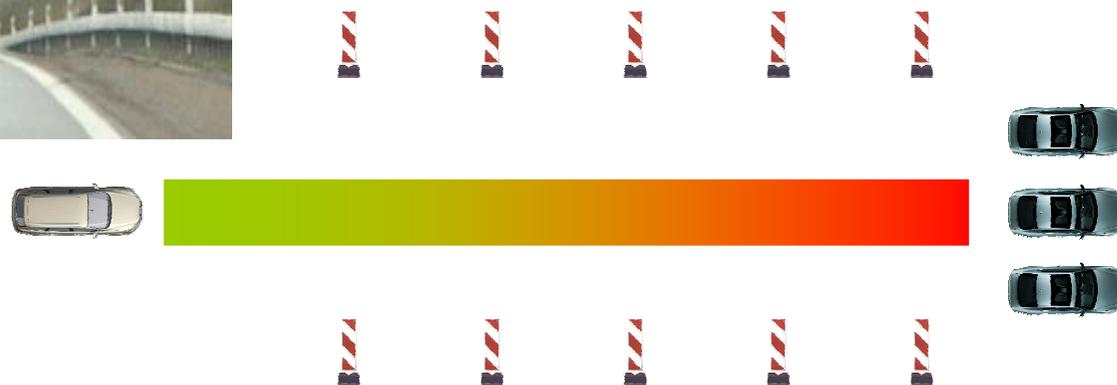
# Prinzipdarstellung Informationsverarbeitungskette



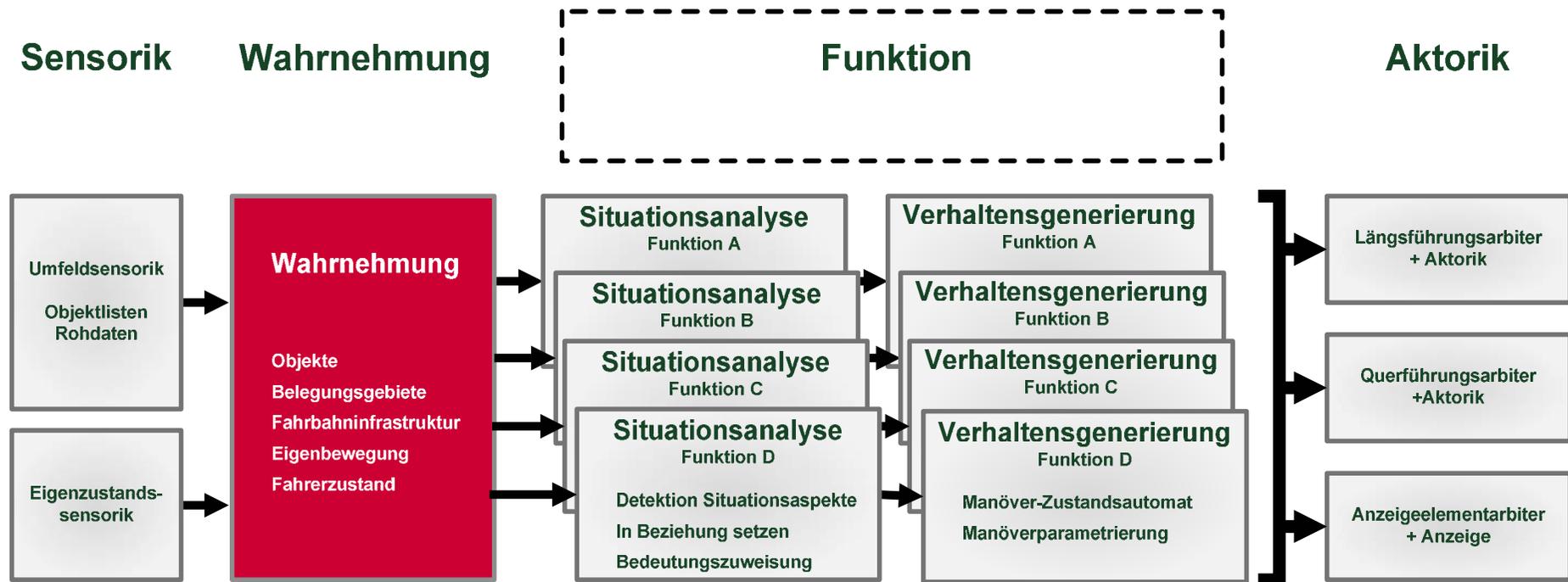
# FAS-Funktion: Aktive Gefahrenbremsung (AGB)

- ▶ Unterstützung des Fahrers zur Reduzierung von Unfällen und der Unfallschwere im Längsverkehr durch automatische Bremsung mit situationsangepasster Stärke
- ▶ Plausibilisierung der Systemreaktion mit der in der jeweiligen Situation erkennbaren Fahrerreaktion (System jederzeit durch Fahrer übersteuerbar)
- ▶ Nutzenerhöhung durch Schätzung des Fahrerzustands

## Ein AGB-Nutzenszenario: Stauende ohne Ausweichmöglichkeit



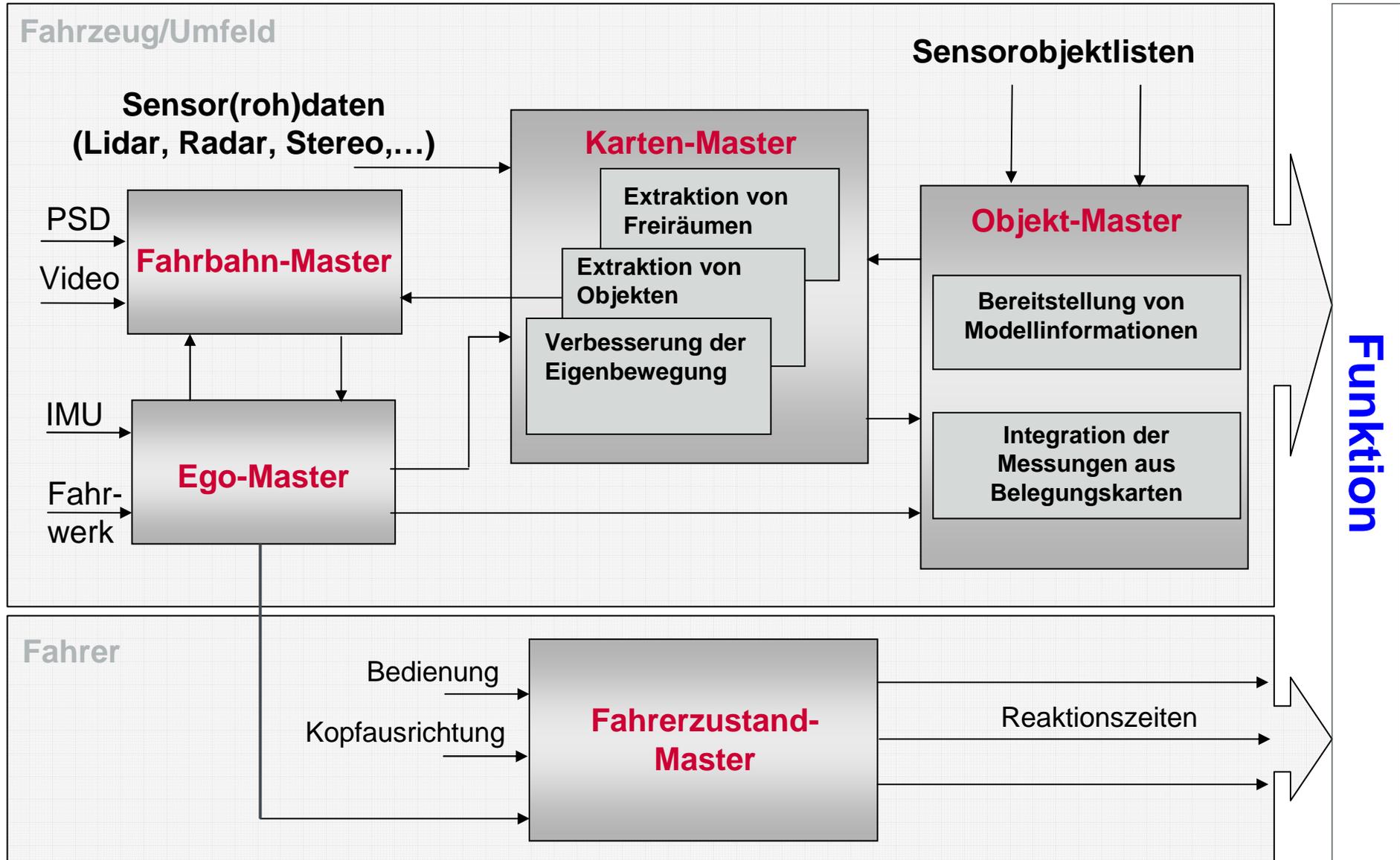
# Zentrale Wahrnehmung



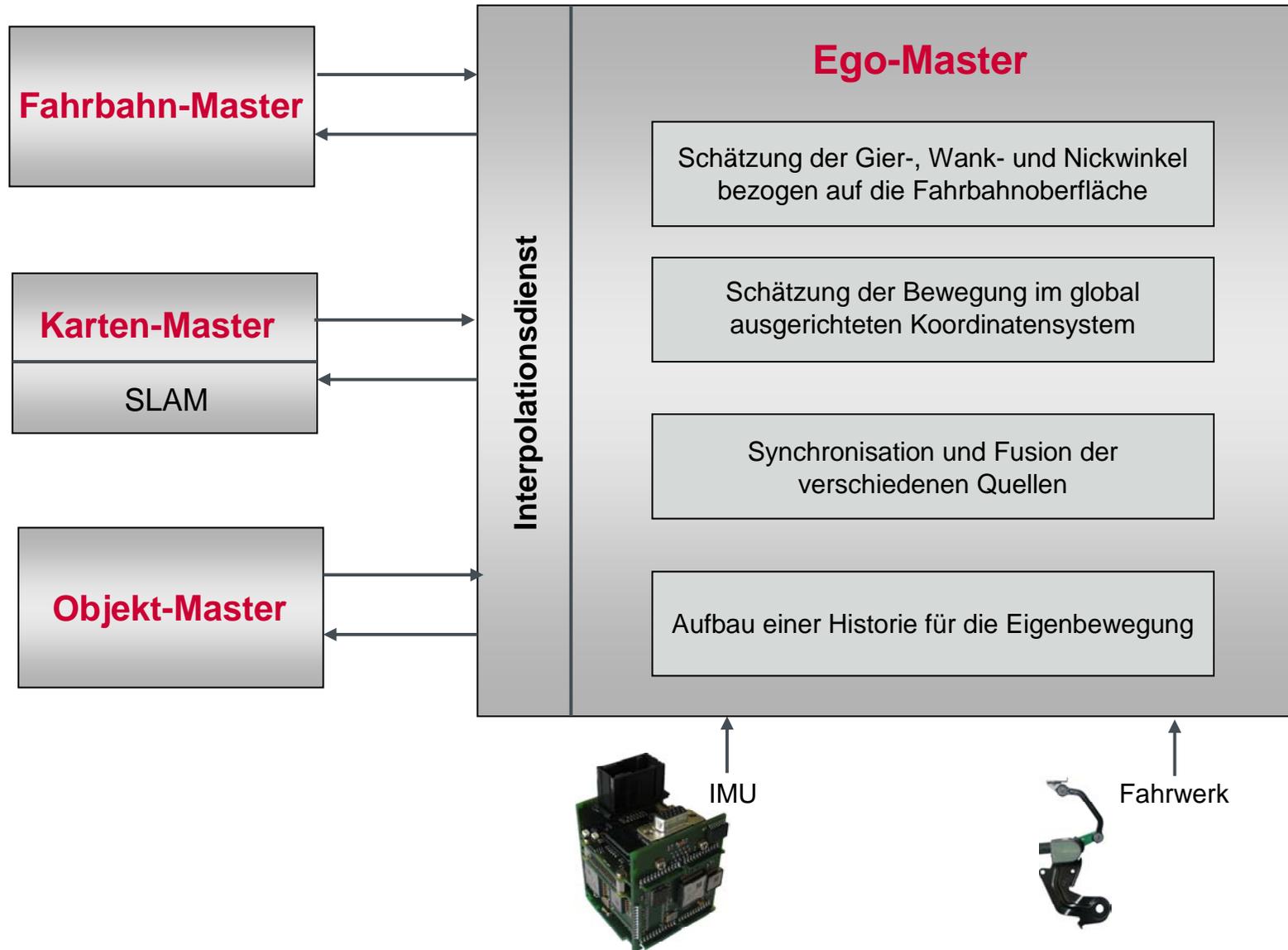
# Lösungsstrategie für die zentrale Wahrnehmung

- ▶ **Team von Expertensystemen**, welche eng kooperieren und dabei die gemeinsamen Ressourcen optimal nutzen
- ▶ **Zentrale Lösungen** für Aufgaben, die von verschiedenen Funktionen identisch benötigt werden
- ▶ Spezialisten sammeln die für eine Aufgabe verfügbaren Informationen und bereiten sie bestmöglich auf
- ▶ **Ganzheitlicher Ansatz:** „Nutze alle Informationen, die zur Verfügung stehen.“
  - ▶ Beispiel in der Umfeldwahrnehmung: Es werden belegte, freie und unbekannte Bereiche repräsentiert.
- ▶ **Skalierbarkeit:** „Mach das Beste aus den Informationsquellen, die zur Verfügung stehen.“
  - ▶ Beispiel: Eigenbewegungsschätzung in der Umfeldwahrnehmung

# Lösungsstrategie für die zentrale Wahrnehmung

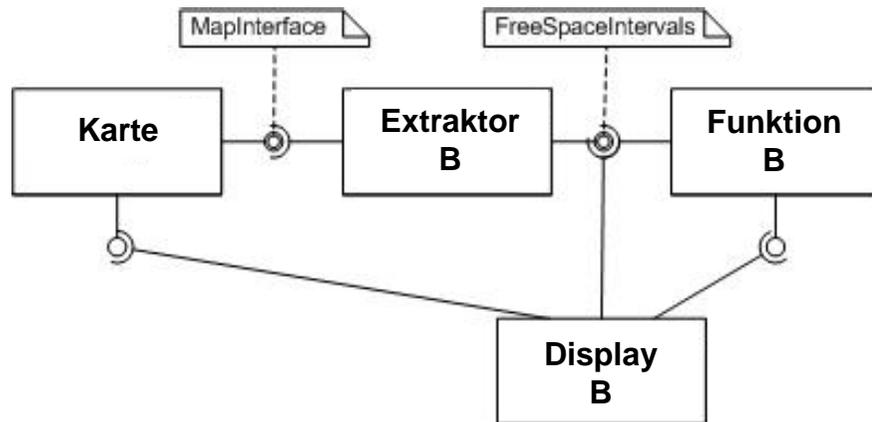


# Vernetzung des Ego-Master Moduls



# Vernetzung des Karten-Masters zur Funktion: Belegungsextraktion

- ▶ Modulare Architektur
- ▶ Funktionsabhängige Interpretation der Belegungskarte
- ▶ Reduzierung der Datenmenge durch eine intervallbasierte Extraktion



Frei



Unbekannt

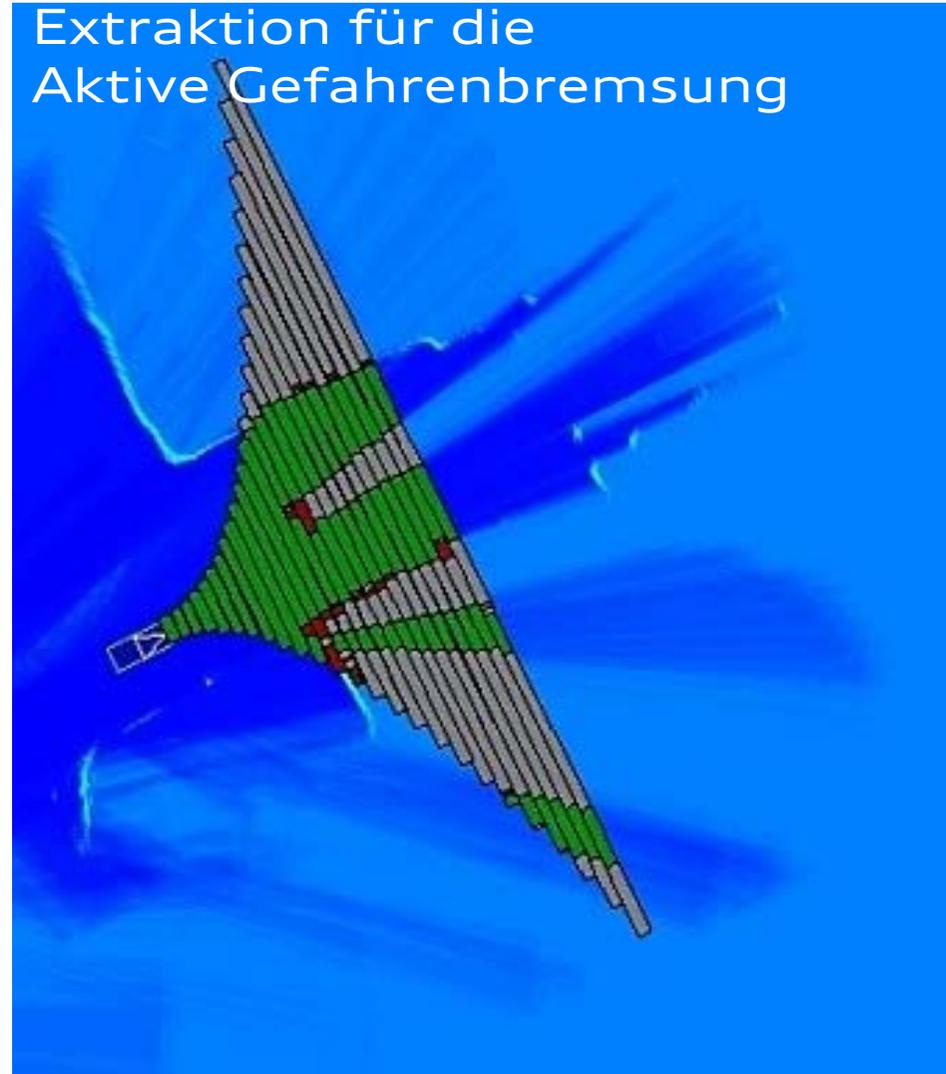
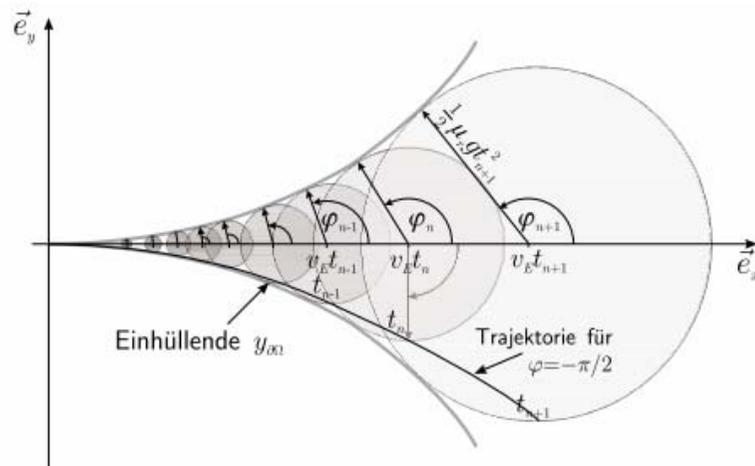


Belegt



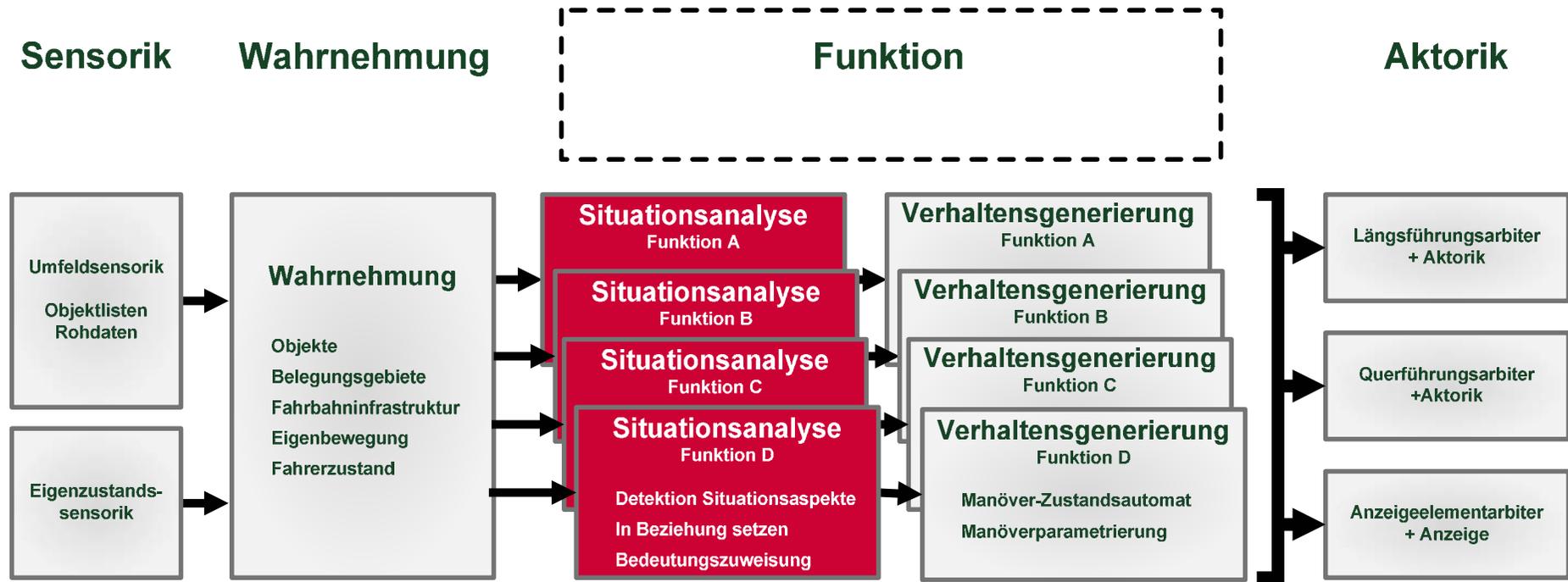
# Funktionsgesteuerte Extraktion aus der Belegungskarte

- ▶ Vorgabe der Extraktionsgrenzen durch die Funktion
- ▶ Für AGB entspricht das dem maximal fahrdynamisch erreichbaren Gebiet <sup>1</sup>



<sup>1</sup> Christian Schmidt, Fred Oechsle und Wolfgang Branz, „Untersuchungen zu letztmöglichsten Ausweichmanövern für stehende und bewegte Hindernisse“, Robert Bosch GmbH

# Situationsanalyse



# Situationsanalyse: Abgrenzung zur Wahrnehmung

## ▶ Situation

Die Situation enthält neben der räumlichen und zeitlichen Beschreibung der Szene:

- ▶ die für die Funktion wichtigen Situationsaspekte
- ▶ die Beziehungen zwischen Objekten, Infrastruktur, Ego-Fahrzeug sowie Fahrerzustand
- ▶ die Bedeutungen aller Einzelinformationen aus Sicht der angestrebten Funktion

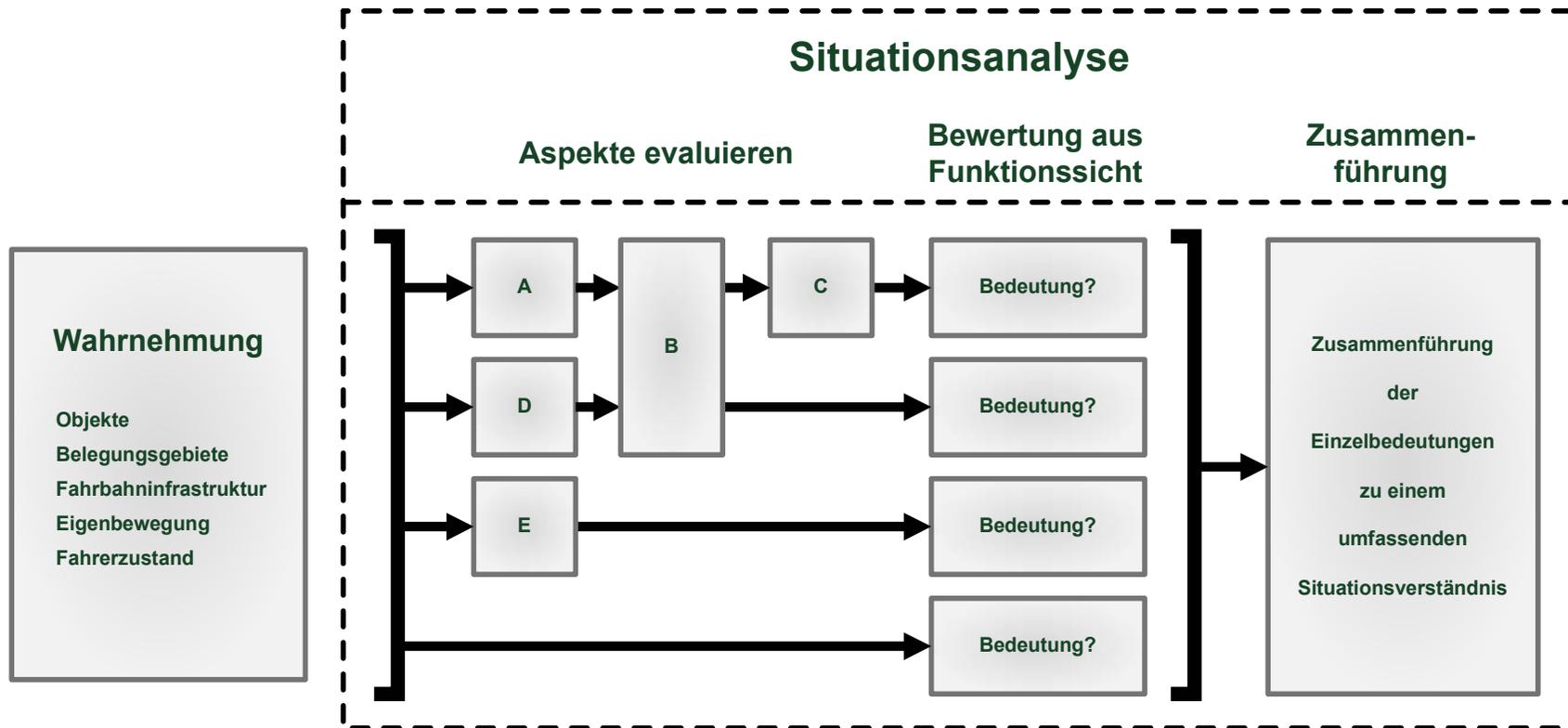
## ▶ Analyse

Analyse ist eine „systematische Untersuchung eines Gegenstandes oder Sachverhaltes hinsichtlich aller einzelnen Komponenten“ [Duden]

- ▶ Aufteilung der Situation in einzelne Situationsaspekte
- ▶ Interpreten bewerten die Situationsaspekte hinsichtlich ihrer Bedeutung
- ▶ Zusammenführung der Einzelbedeutungen

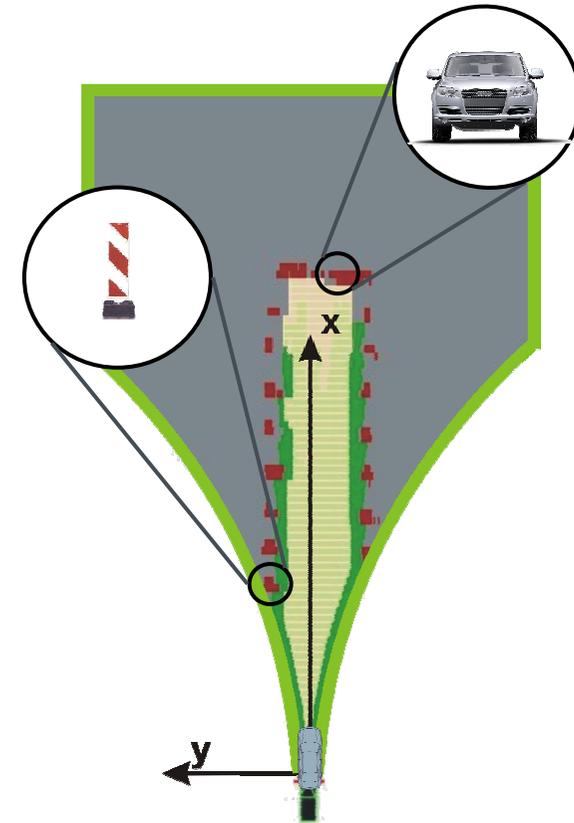
# Lösungsstrategie für die Situationsanalyse

- ▶ Gleiche Herangehensweise für unterschiedliche FAS



# Situationsanalyse für die Aktive Gefahrenbremsung

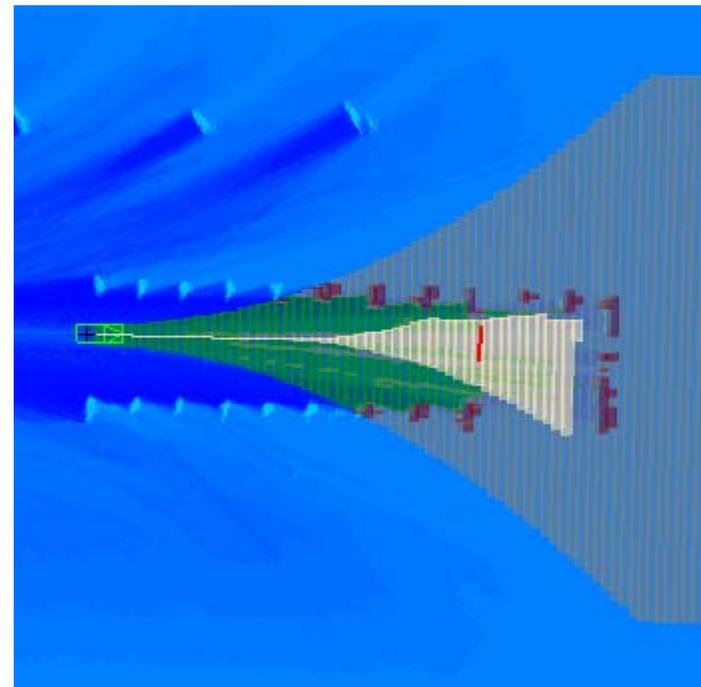
- ▶ Im Entwicklungsprozess:  
Festlegung aller potentiell **relevanten Situationsaspekte** aus Sicht der Zielfunktion
- ▶ Ein Situationsaspekt für AGB:  
Eine automatisch motivierte Vollbremsung ist zulässig, wenn sie „zu einer Zeit [erfolgt], zu der ein **Ausweichen objektiv unmöglich** ist“<sup>2</sup>
- ▶ Die Situationsanalyse muss die objektive Unmöglichkeit des Ausweichens evaluieren



<sup>2</sup> Seeck, Gasser 2006. „Deutsche und völkerrechtliche Rahmenbedingungen moderner FAS“  
Tagung Aktive Sicherheit 2006, München

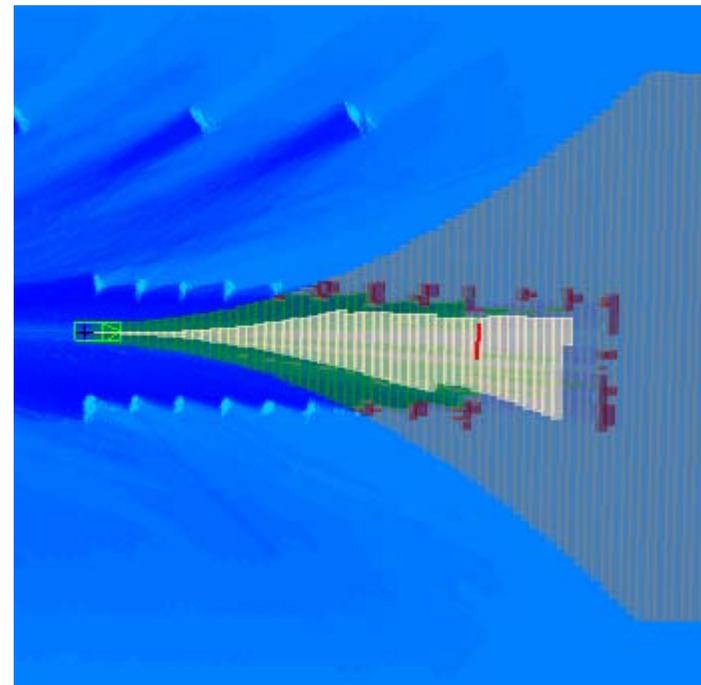
# Situationsanalyse für die Aktive Gefahrenbremsung

- ▶ Im laufenden Betrieb:  
Funktionspezifische Evaluierung der relevanten Situationsaspekte
- ▶ Keine Ausweichmöglichkeit unter Berücksichtigung der Reaktionszeit des Fahrers?
  - ▶ Voraussetzung für Warnung



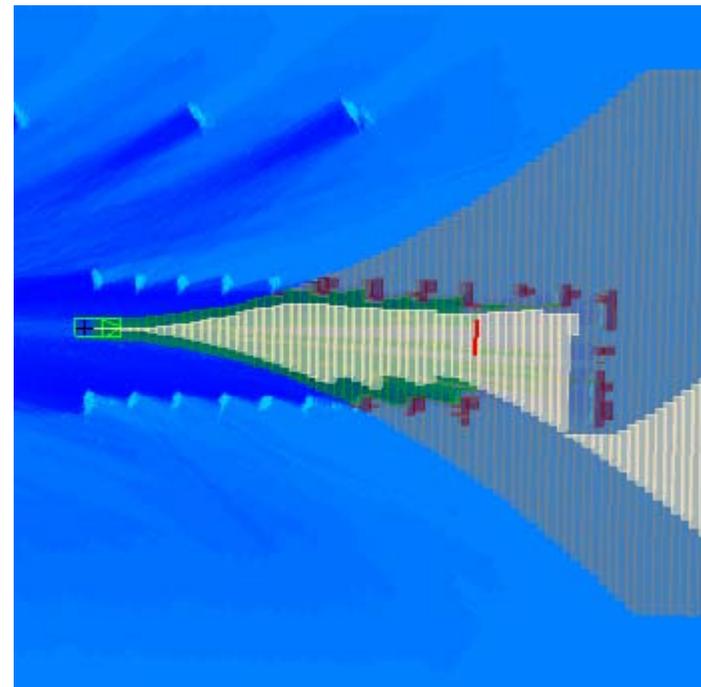
# Situationsanalyse für die Aktive Gefahrenbremsung

- ▶ Im laufenden Betrieb:  
Funktionspezifische Evaluierung der relevanten Situationsaspekte
  - ▶ Keine Ausweichmöglichkeit unter Berücksichtigung der Reaktionszeit des Fahrers?
    - ▶ Voraussetzung für Warnung
  - ▶ Keine Ausweichmöglichkeit mit komfortabler Querbeschleunigung?
    - ▶ Voraussetzung für Teilbremsung

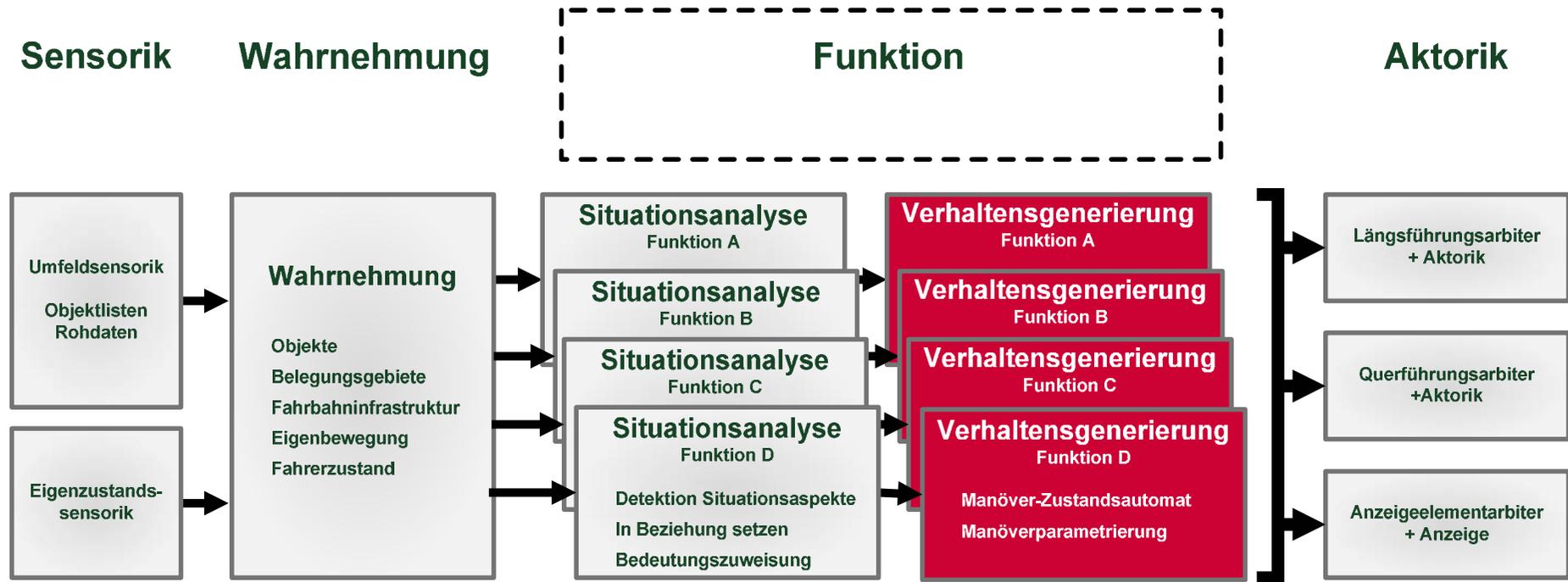


# Situationsanalyse für die Aktive Gefahrenbremsung

- ▶ Im laufenden Betrieb:  
Funktionspezifische Evaluierung der relevanten Situationsaspekte
  - ▶ Keine Ausweichmöglichkeit unter Berücksichtigung der Reaktionszeit des Fahrers?
    - ▶ Voraussetzung für Warnung
  - ▶ Keine Ausweichmöglichkeit mit komfortabler Querbeschleunigung?
    - ▶ Voraussetzung für Teilbremsung
  - ▶ Keine Ausweichmöglichkeit mit maximaler Querbeschleunigung?
    - ▶ Voraussetzung für Vollbremsung (nicht erfüllt)



# Verhaltensgenerierung



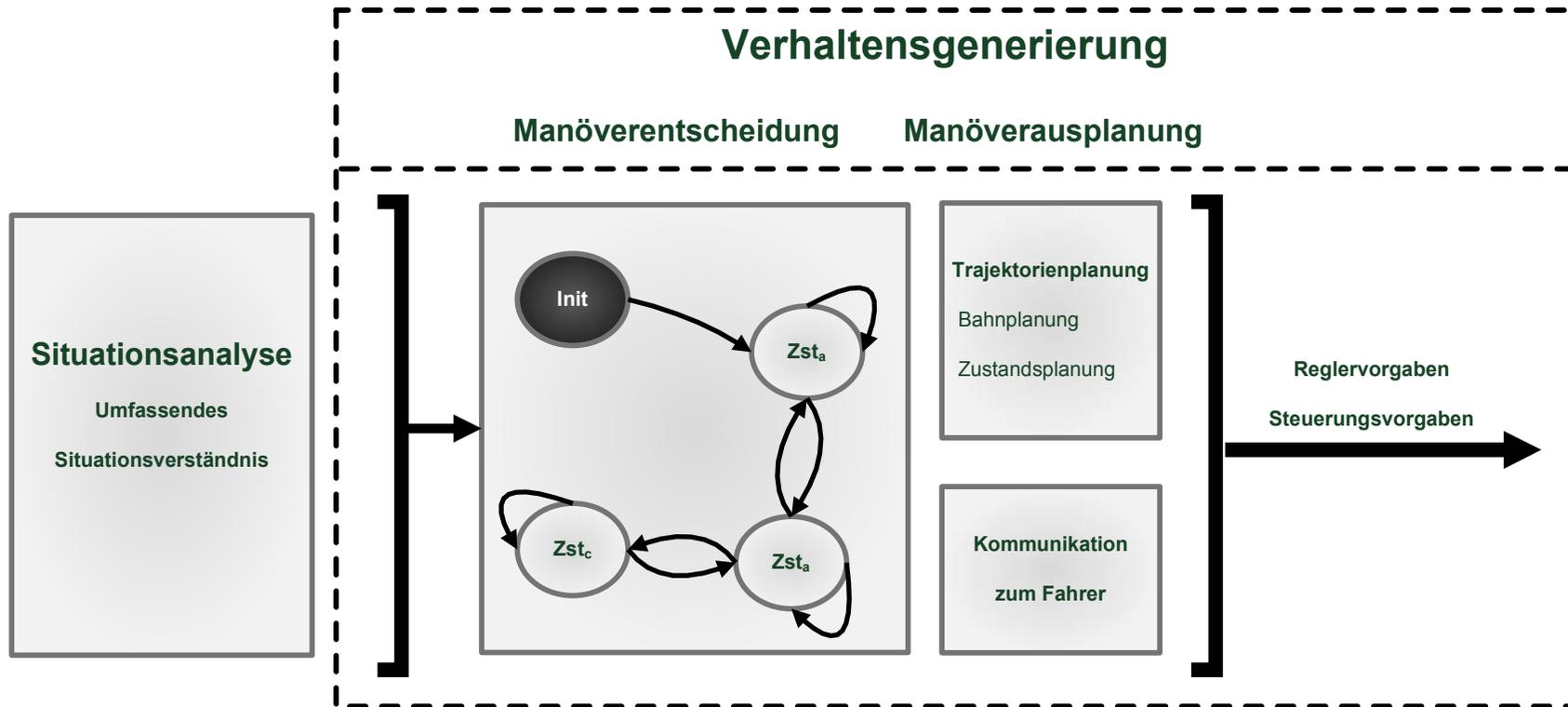
# Verhaltensgenerierung

Verhaltensgenerierung ist die bewusste Entscheidung und Ausplanung eines Manövers

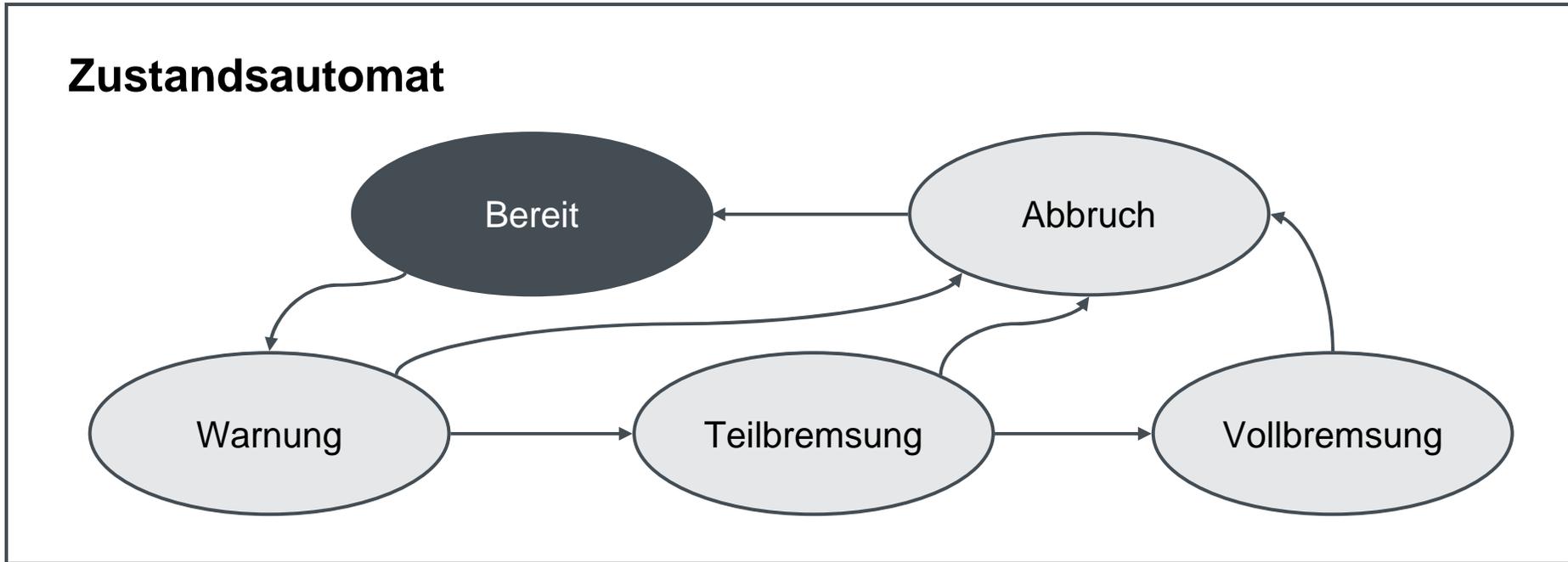
- ▶ Im Entwicklungsprozess:
  - ▶ Festlegung aller Verhaltensweisen des FAS
  - ▶ Festlegung der notwendigen und hinreichenden Bedingungen für die Verhaltensauswahl
  
- ▶ Im laufenden Betrieb:
  - ▶ Manöverauswahl
  - ▶ Manöverparametrierung

# Lösungsstrategie für die Verhaltensgenerierung

- ▶ Gleiche Herangehensweise für unterschiedliche FAS



# Verhaltensgenerierung für die Aktive Gefahrenbremsung



# Zusammenfassung

- ▶ Architekturstrategie für zukünftige, hochautomatisierte Fahrerassistenzsysteme
- ▶ Funktionsunabhängige, zentrale Umfeldwahrnehmung bestehend aus eng vernetzten Expertenmodulen
- ▶ Funktionsspezifische Situationsanalyse und Verhaltensgenerierung mit einheitlicher Architektur
- ▶ Beispielhafte Darstellung der Architekturprinzipien anhand des Assistenzsystems Aktive Gefahrenbremsung

Vorsprung durch Technik **Audi** 

**Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**

 **aktiv**  
Adaptive und kooperative Technologien  
für den intelligenten Verkehr