



Steinbeis Interagierende  
Systeme GmbH

# **Auf dem Weg zum automatisierten Fahren**

**Robustheitsanalyse der Steuergerätesoftware  
durch die Simulation systematisch variierten Verkehrsszenarien**

Steffen Wittel, Daniel Ulmer und Oliver Bühler

---

## **Embedded Testing 2017**

20. - 22. Juni 2017, München

Beitrag des menschlichen Verhaltens zu Verkehrsunfällen

Entwicklung der Technik im Fahrzeug

Testtechnologie für das assistierte Fahren

Robustheitsanalyse durch Variation

Zusammenfassung

## Beitrag des menschlichen Verhaltens zu Verkehrsunfällen

- Notwendige Fähigkeiten zur Teilnahme am Straßenverkehr
- Individuelles Verhalten im Straßenverkehr
- Straßenunfallstatistik von Deutschland seit 1965
- Ursachen für Verkehrsunfälle in Deutschland im Jahr 2015

Entwicklung der Technik im Fahrzeug

Testtechnologie für das assistierte Fahren

Robustheitsanalyse durch Variation

Zusammenfassung

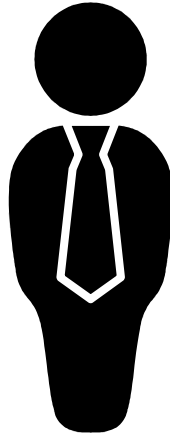
## Notwendige Fähigkeiten zur Teilnahme am Straßenverkehr



Über 90% aller Verkehrsunfälle werden durch den menschlichen Fahrer aufgrund einer fehlerhaften Durchführung von Fahrmanövern, falscher Entscheidungen oder durch Unachtsamkeit verursacht

⇒ **Software ersetzt beim automatisierten Fahren den menschlichen Fahrer**

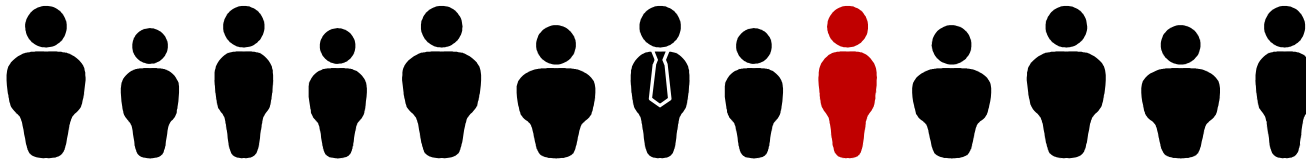
## Individuelles Verhalten im Straßenverkehr \*



**Menschlicher Fahrer**

- Straßenbenutzung
- Geschwindigkeit
- Abstand
- Überholen
- Vorbeifahren
- Nebeneinanderfahren
- Vorfahrt, Vorrang
- Abbiegen, Wenden, Rückwärtsfahren, Ein- und Anfahren
- Verhalten gegenüber Fußgängern
- Ruhender Verkehr

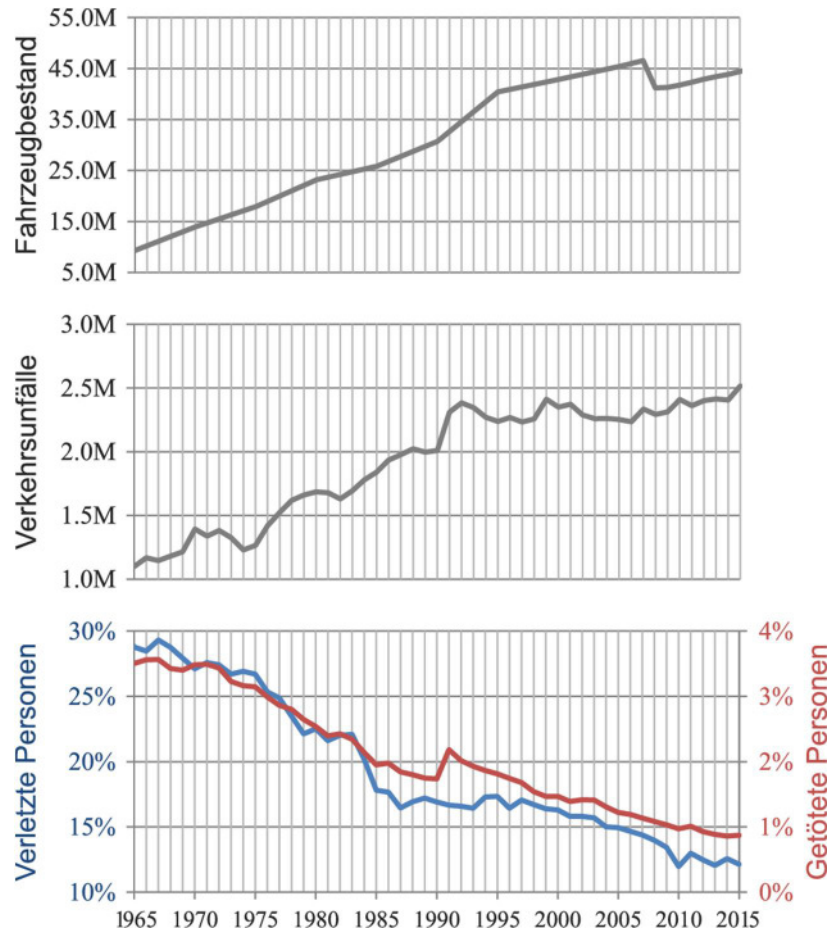
Zusätzlich zu diesem menschlichen Fahrer sind in der Regel andere Verkehrsteilnehmer in der Umgebung, deren individuelles Verhalten ebenfalls berücksichtigt werden muss



Schon ein menschlicher Fahrer genügt um andere Verkehrsteilnehmer zu gefährden

⇒ **Automatisiertes Fahren muss das menschliche Verhalten anderer Verkehrsteilnehmer berücksichtigen**

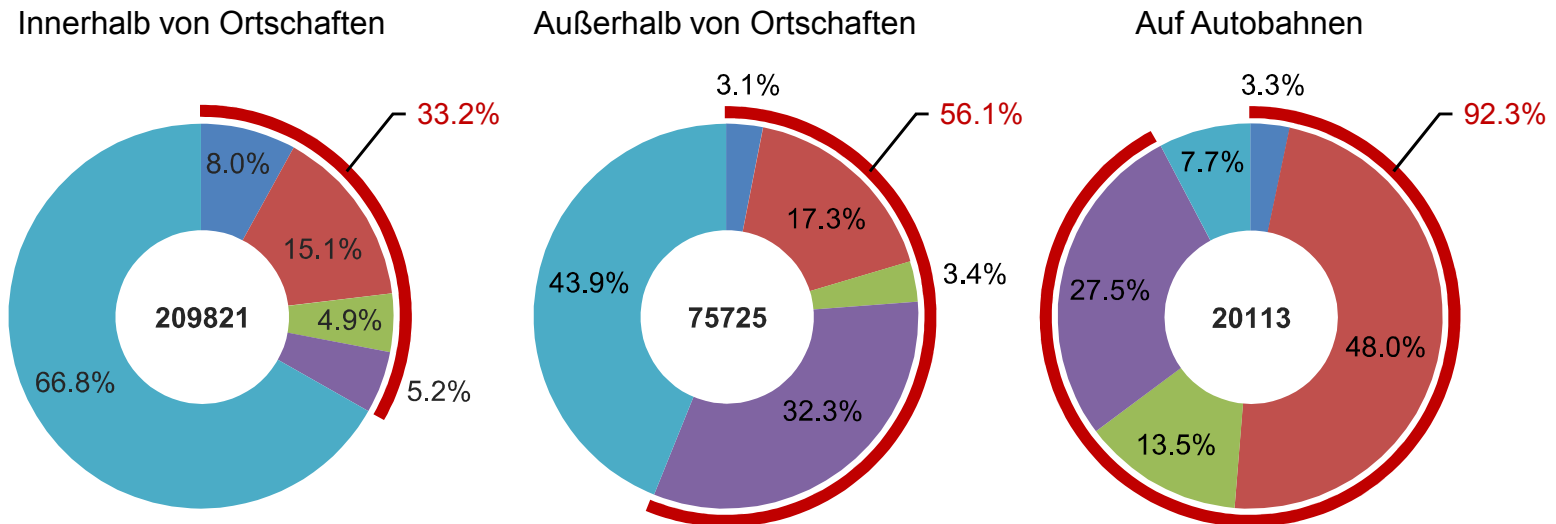
## Straßenunfallstatistik von Deutschland seit 1965\*



- Die Zahl der Verkehrsunfälle stieg mit der zunehmenden Zahl des Fahrzeugbestands
- Die steigende Zahl der Verkehrsunfälle führte nicht zu einer Zunahme der Anzahl der verletzten oder getöteten Personen
- Der technische Fortschritt bei den Sicherheitssystemen der Fahrzeuge trug zur Abschwächung oder Vermeidung von Verkehrsunfällen bei
- Die Serienausstattung neuer Fahrzeuge mit Sicherheitspaketen sorgte für eine weite Verbreitung solcher Systeme im Straßenverkehr

⇒ **Automatisiertes Fahren soll kritische Verkehrssituationen im Vorfeld verhindern**

## Ursachen für Verkehrsunfälle in Deutschland im Jahr 2015\*



Zusammenstoß mit anderem Fahrzeug, das

- anfährt, anhält oder im ruhenden Verkehr steht
- vorausfährt oder wartet
- seitlich in gleicher Richtung fährt

■ Abkommen von der Fahrbahn  
■ Unfall anderer Art

Kreuzungssituationen sind z.B. häufig die Ursache für Verkehrsunfälle

92.3% der Verkehrsunfälle im Bereich Abstand und Spur

➡ **Automatisiertes Fahren hat derzeit auf Autobahnen das größte Potenzial Verkehrsunfälle zu vermeiden**

Beitrag des menschlichen Verhaltens zu Verkehrsunfällen

Entwicklung der Technik im Fahrzeug

- Überblick über die Entwicklung
- Kollisionsvermeidende Assistenzsysteme
- Automatisiertes Fahren

Testtechnologie für das assistierte Fahren

Robustheitsanalyse durch Variation

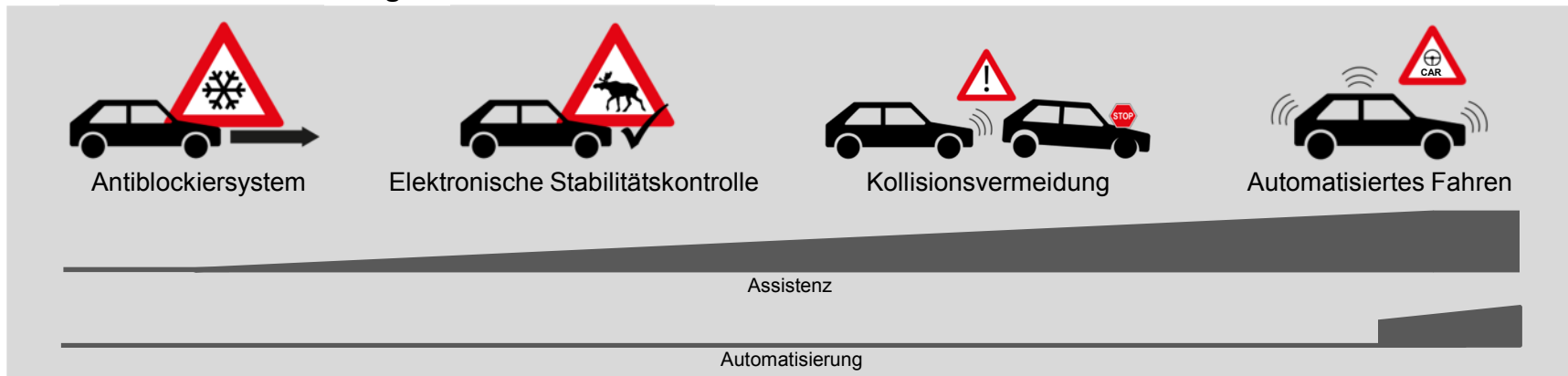
Zusammenfassung

## Überblick über die Entwicklung

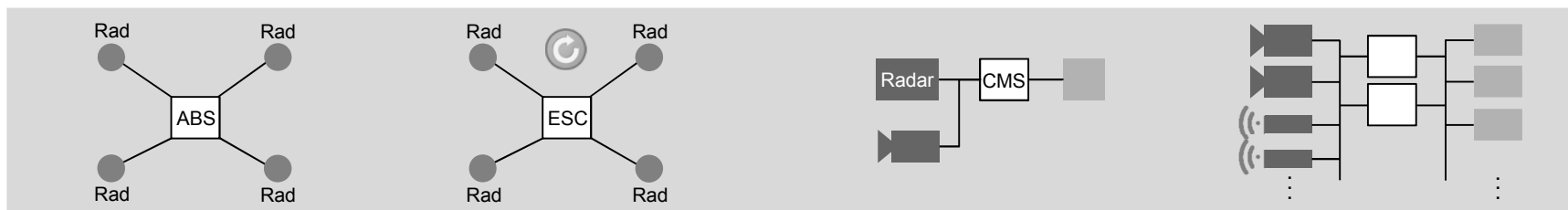
### Zeitpunkt



### Assistenz / Automatisierung

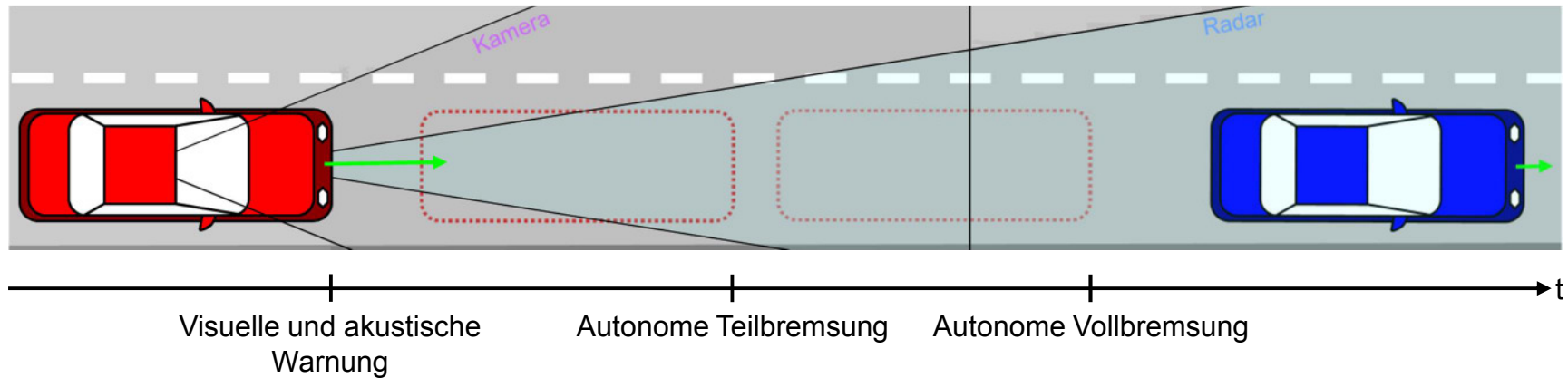


### Architektur



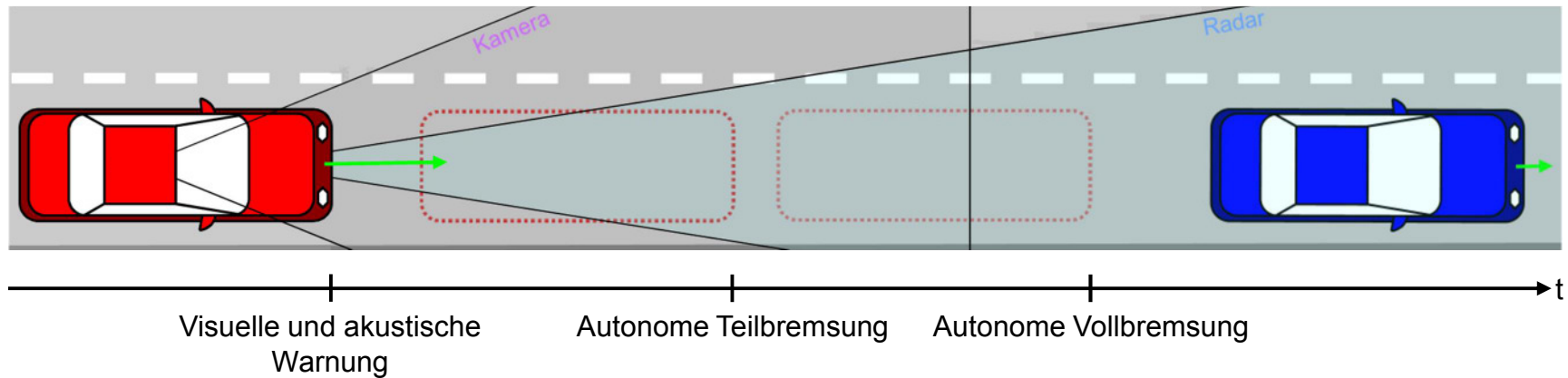
⇒ **Testsysteme müssen komplexe technische Umgebungen nachbilden**

## Kollisionsvermeidende Assistenzsysteme

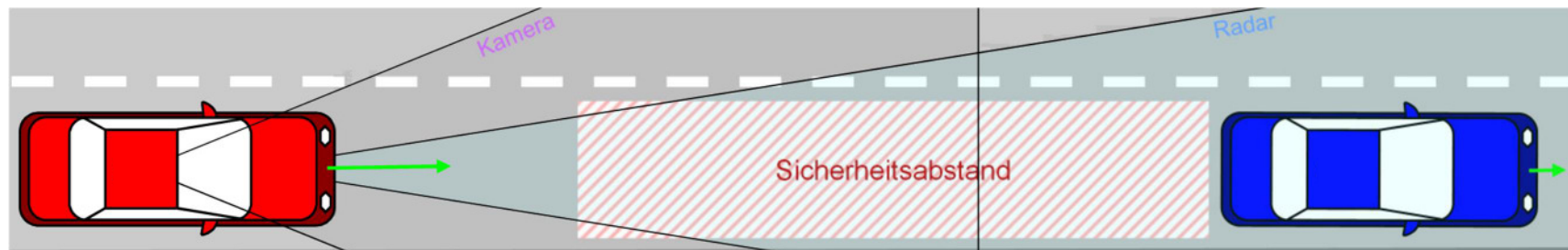


⇒ **Sicherheitssysteme greifen bei Unachtsamkeit des Fahrers in kritischen Verkehrssituationen ein**

## Kollisionsvermeidende Assistenzsysteme



## Automatisiertes Fahren



⇒ **Automatisiertes Fahren soll kritische Verkehrssituationen durch Einhaltung von Sicherheitsabständen verhindern**

Beitrag des menschlichen Verhaltens zu Verkehrsunfällen

Entwicklung der Technik im Fahrzeug

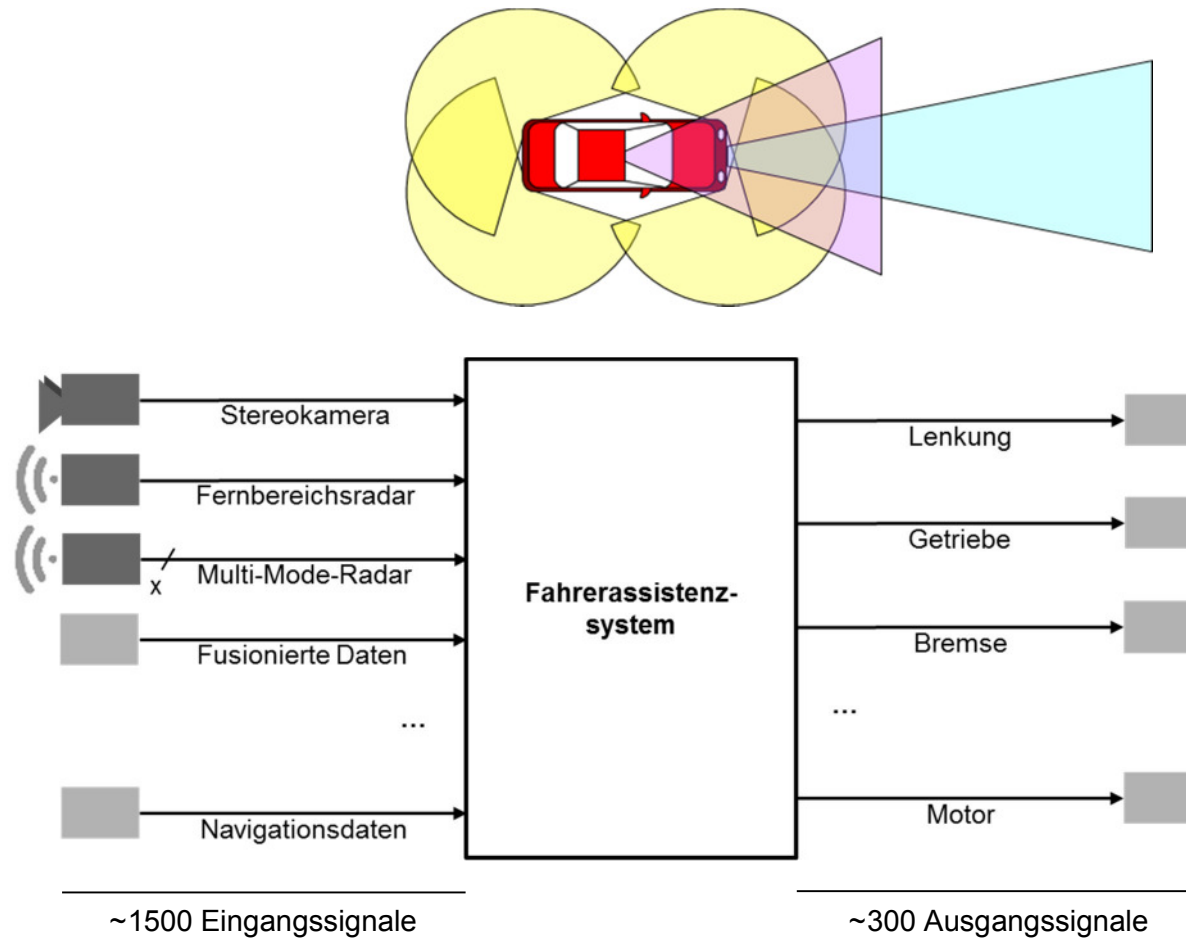
Testtechnologie für das assistierte Fahren

- Architektur von Fahrerassistenzsystemen
- Schematischer Aufbau einer Testplattform
- Stimulation und Auswertung auf Systemebene
- Beispiel eines Verkehrsszenarios
- Ableitung von Testfällen aus der Spezifikation

Robustheitsanalyse durch Variation

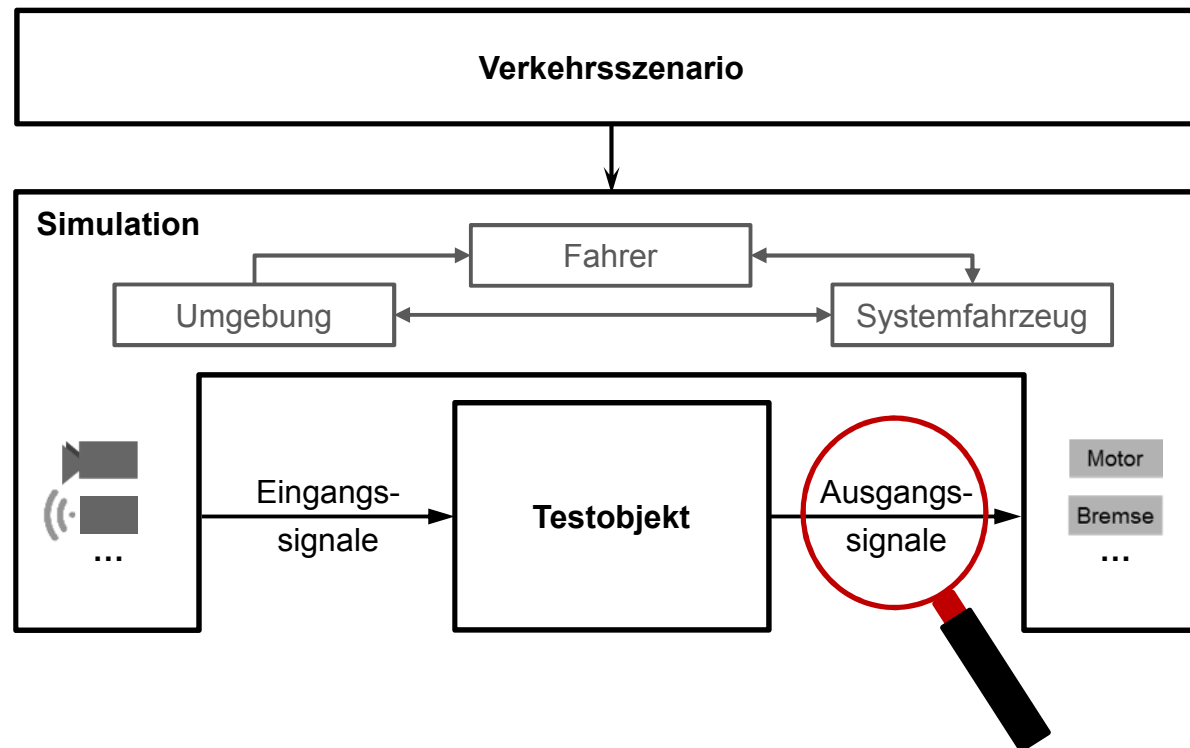
Zusammenfassung

## Architektur von Fahrerassistenzsystemen



⇒ **Vergrößerung der Schnittstelle durch zunehmende Komplexität der zu erbringenden Funktionalität**

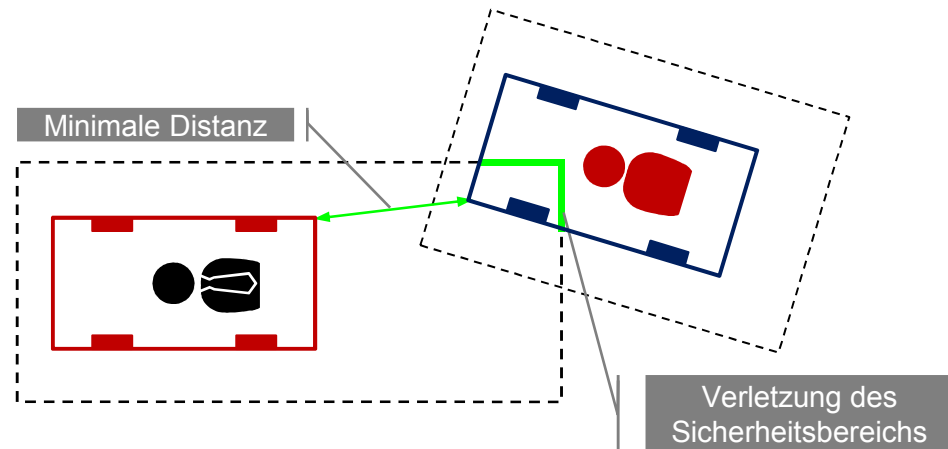
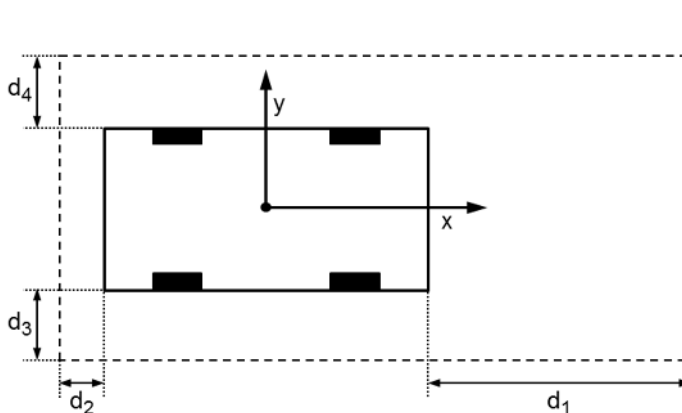
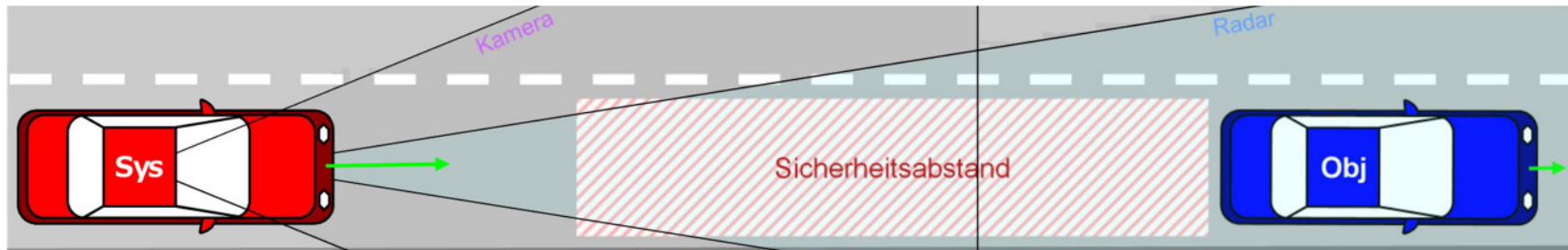
## Schematischer Aufbau einer Testplattform



Für den Test im Labor wird die gesamte Regelstrecke nachgebildet

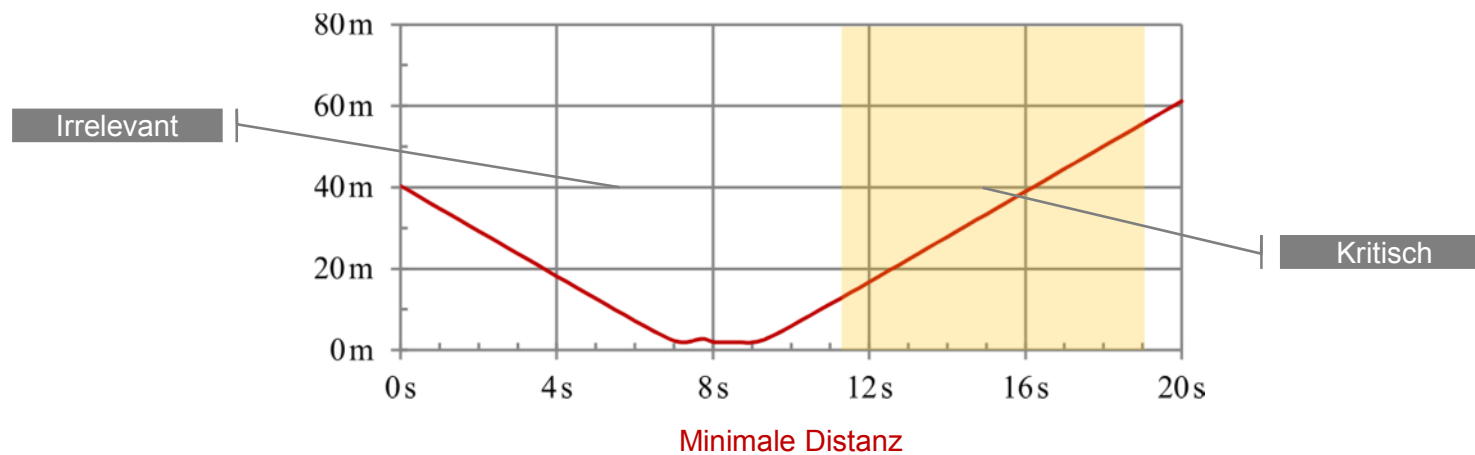
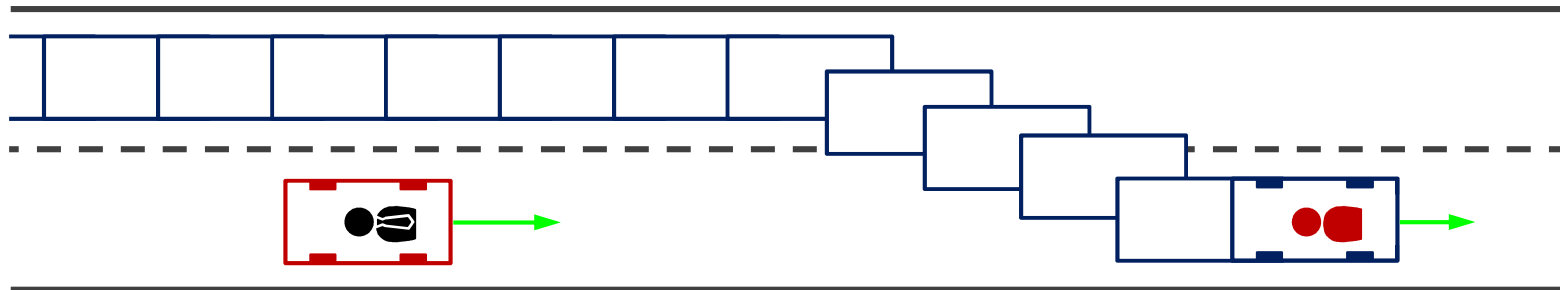
⇒ **Test aus Systemsicht ermöglicht den Bezug zu realen Verkehrssituationen**

## Stimulation und Auswertung auf Systemebene



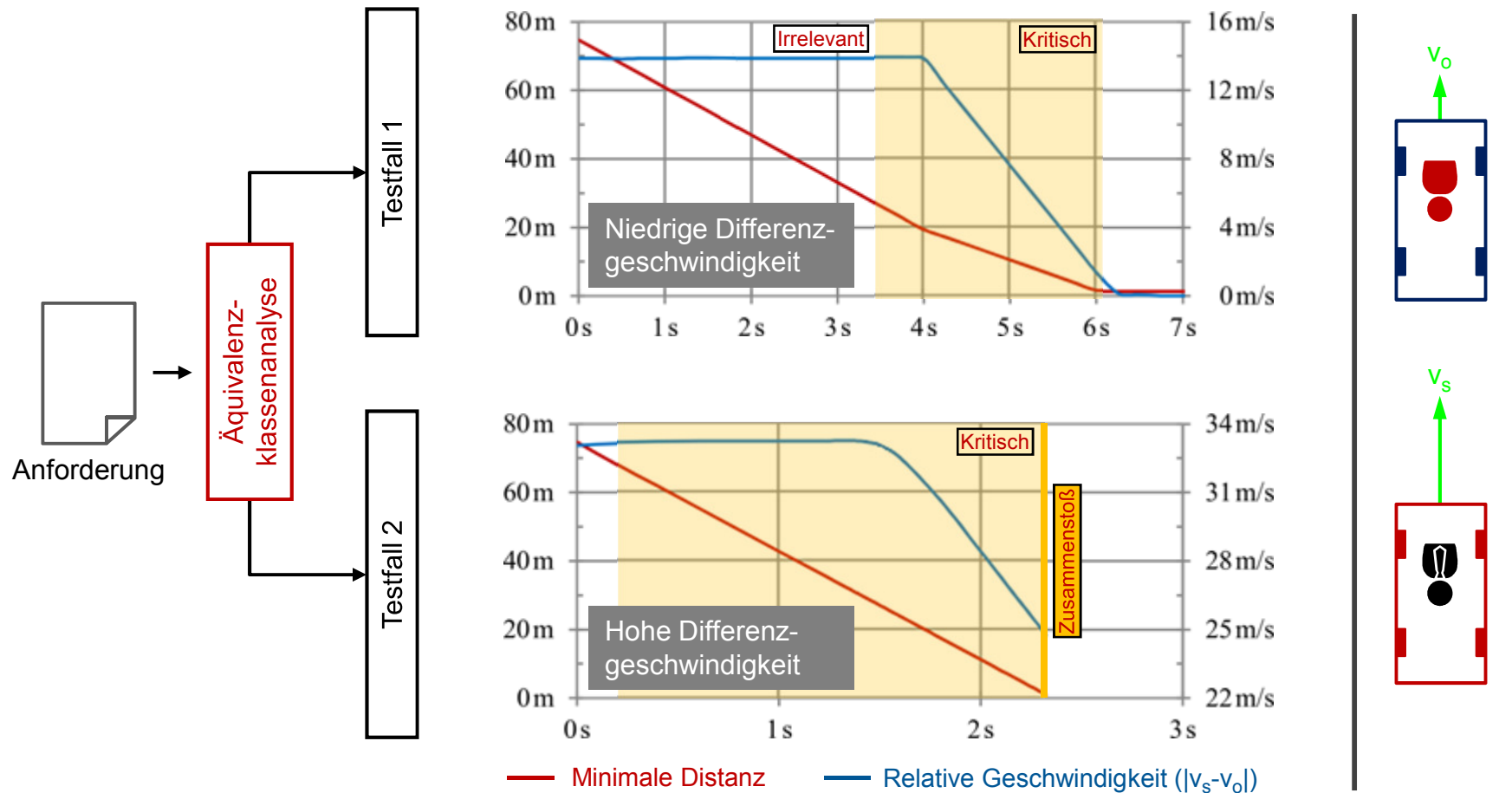
## ⇒ Bewertung des Tests durch ein Modell der Verkehrssituation

## Beispiel eines Verkehrsszenarios



⇒ **Kritikalität des Verkehrsszenarios ist abhängig von den Verkehrssituationen**

## Ableitung von Testfällen aus der Spezifikation



⇒ **Klassische Testfallermittlungsverfahren genügen nicht um eine Systemgrenze zu finden**

Beitrag des menschlichen Verhaltens zu Verkehrsunfällen

Entwicklung der Technik im Fahrzeug

Testtechnologie für das assistierte Fahren

Robustheitsanalyse durch Variation

- Eigenschaften komplexer Verkehrsszenarien
- Variation der Verkehrsszenarien zur Ermittlung funktionaler Systemgrenzen
- Variation des Verkehrs zur Ermittlung funktionaler Systemgrenzen

Zusammenfassung

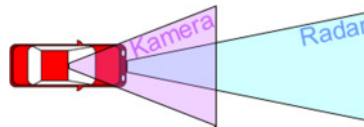
## Testobjekt

Abstandsregeltempomat (ACC, Adaptive Cruise Control): Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug wird über die Geschwindigkeit geregelt

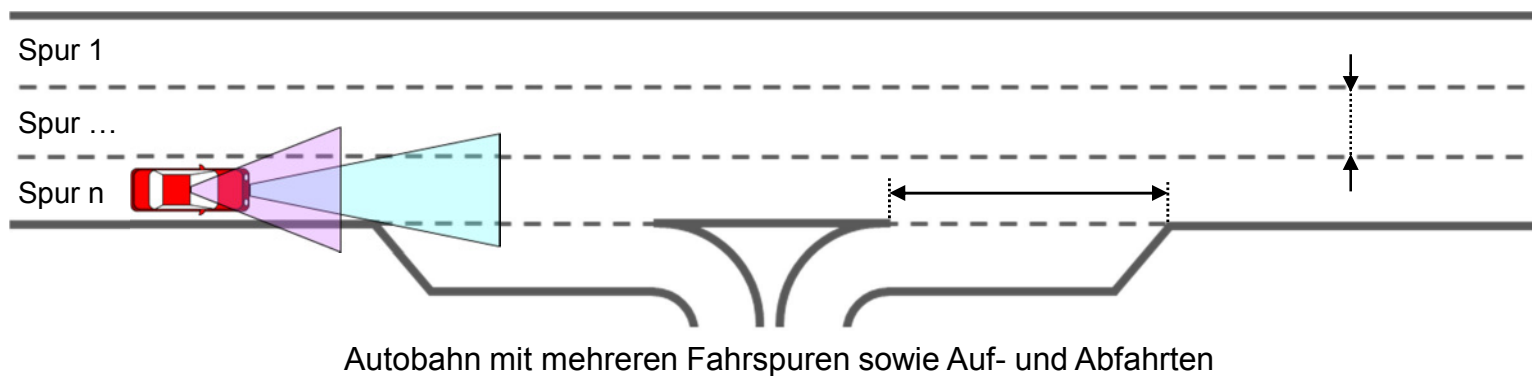
## Systemfahrzeug

Beeinflussbare Eigenschaften:

- Fahrdynamik
- Sensoren



## Basisszenario

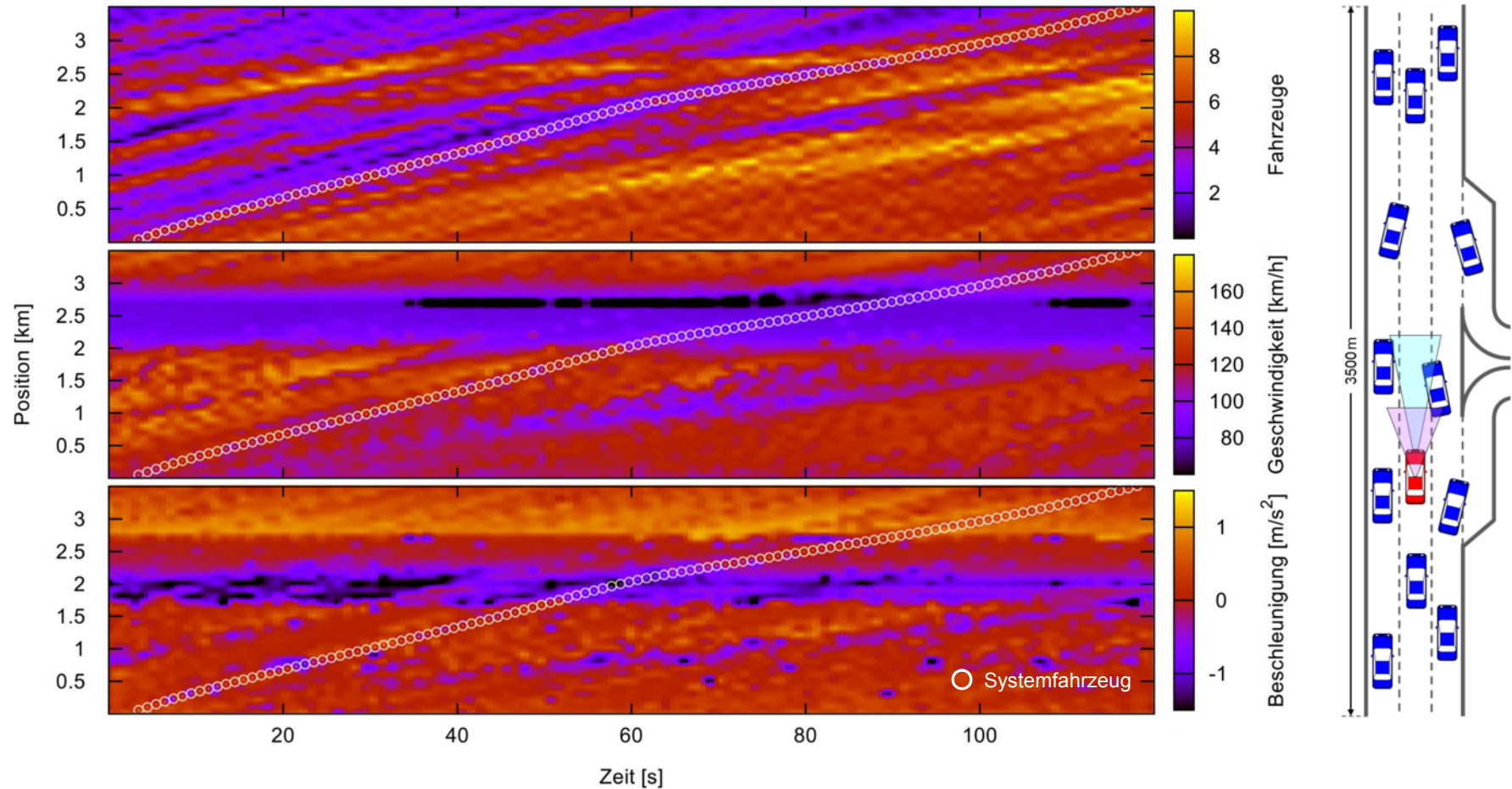


## ⇒ Variationsmöglichkeiten der Straßeneigenschaften

- Initiale Verkehrsdichte
- Verhalten der Abstandsregelung
- Verhalten beim Spurwechsel
- Verkehrsaufkommen an den Zu- und Abfahrten

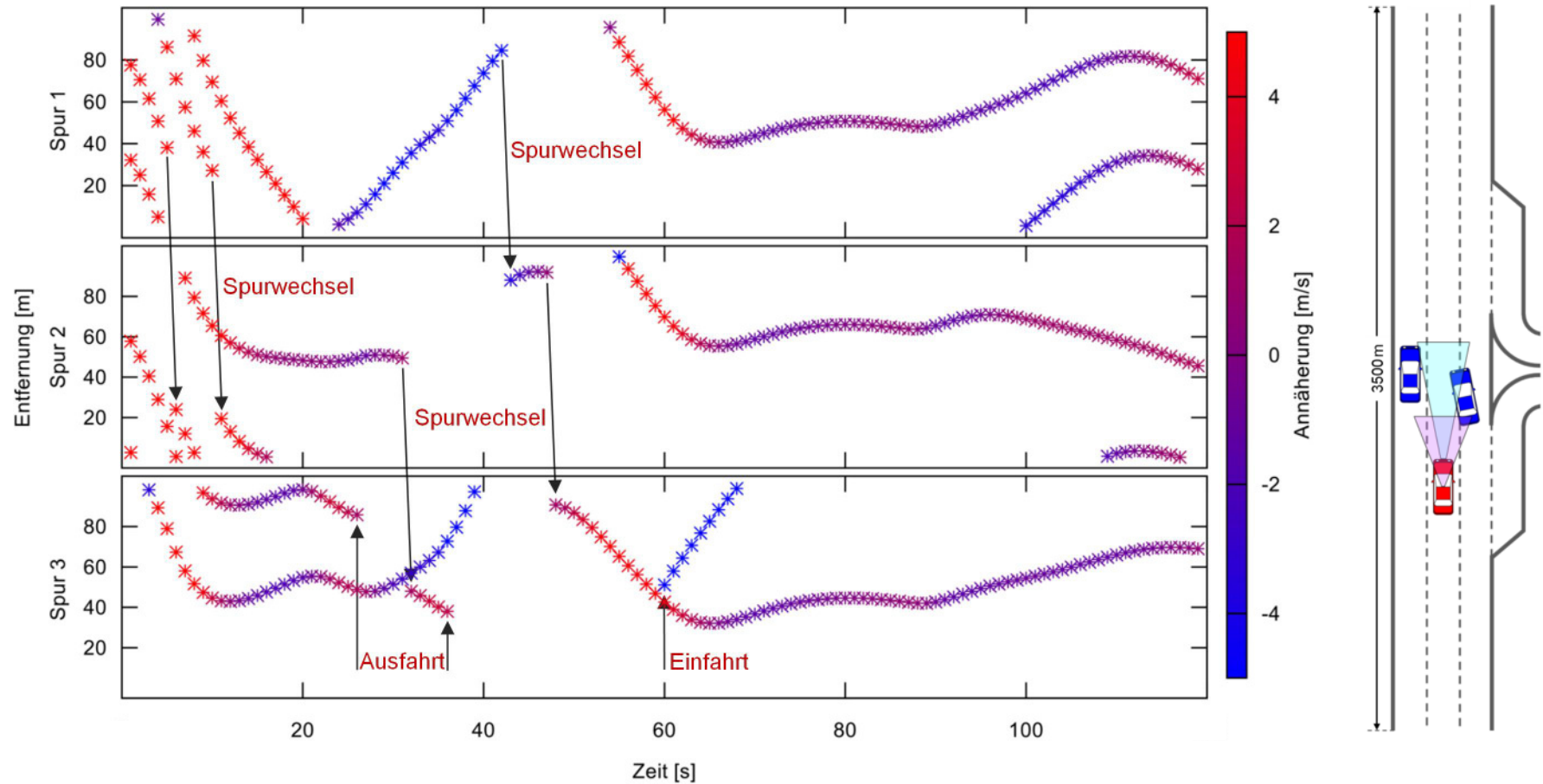
## Robustheitsanalyse durch variierte Verkehrsszenarien

## Weg des Systemfahrzeugs durch das Verkehrsszenario



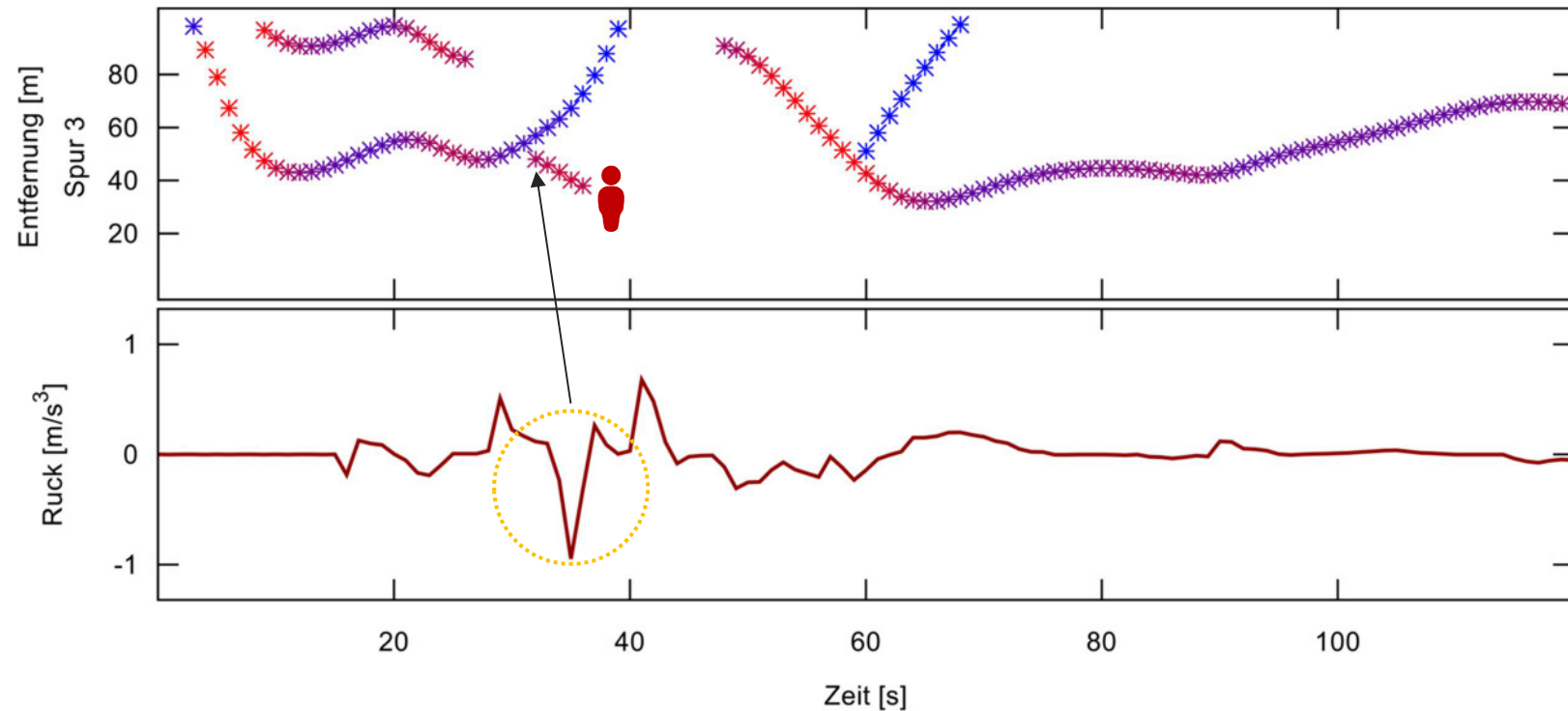
⇒ **Variation der Verkehrsszenarien ist systematisch beeinflussbar**

## Verkehrsszenario aus Sicht des Systemfahrzeugs



⇒ **Der Sensorbereich beeinflusst die Sicht des Systemfahrzeugs auf die Umgebung**

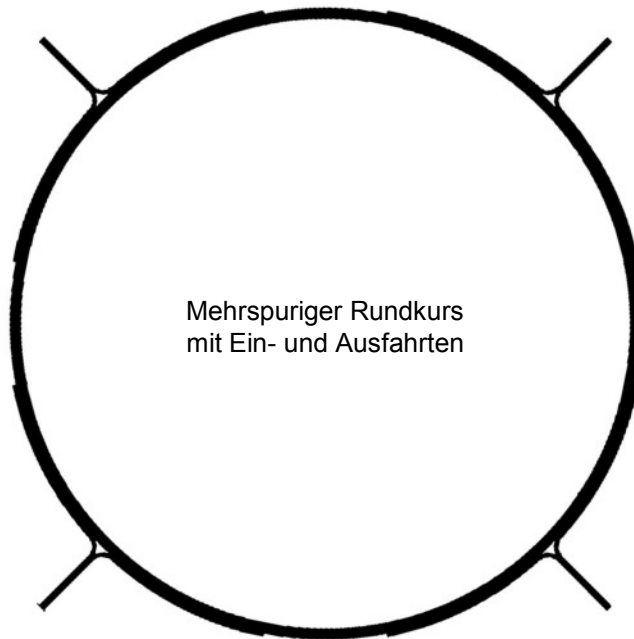
## Reaktion des Systemfahrzeugs auf die Umgebung



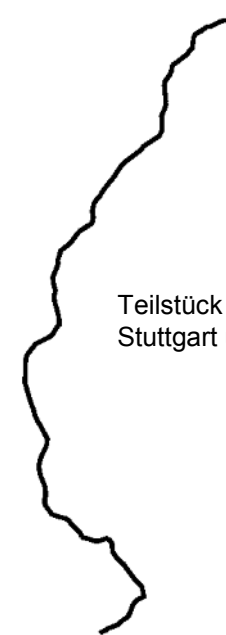
Der Ruck als Bewertungskriterium für ein Verkehrsszenario

 **Verwendung des Rucks zur Auswahl der Verkehrsszenarien und zur Robustheitsanalyse**

## Variation des Verkehrs zur Ermittlung funktionaler Systemgrenzen



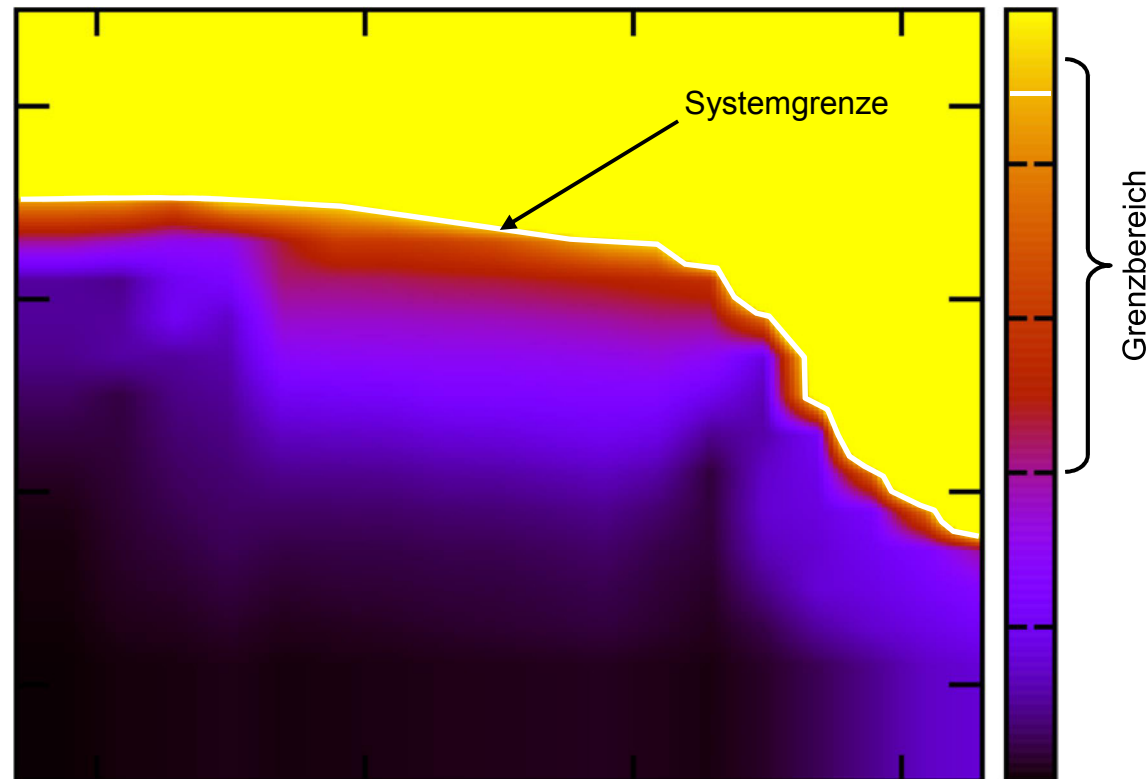
Generierter Straßenverlauf



Realer Straßenverlauf

⇒ **Test der Systemgrenzen mit Bezug zu möglichst repräsentativen Verkehrssituationen**

## Variation der Verkehrsszenarien zur Ermittlung funktionaler Systemgrenzen



Verfahren zur Visualisierung und zur effizienten Ermittlung der funktionalen Systemgrenzen

⇒ **Automatisierte Entlangführung der Stimulation an den funktionalen Systemgrenzen**

Beitrag des menschlichen Verhaltens zu Verkehrsunfällen

Entwicklung der Technik im Fahrzeug

Testtechnologie für das assistierte Fahren

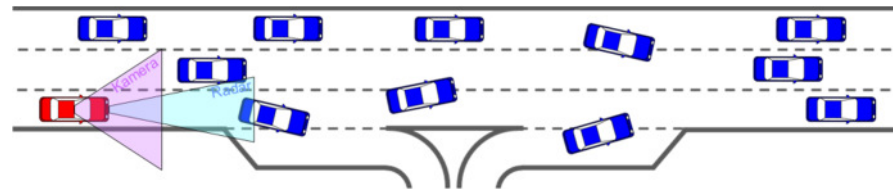
Robustheitsanalyse durch Variation

Zusammenfassung

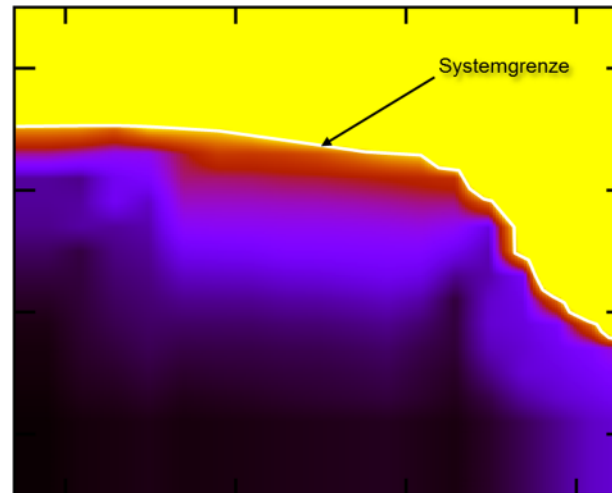
Bei der Robustheitsbewertung ist im Test die Varianz der Verkehrsteilnehmer zu berücksichtigen



Eine Gesamtsimulation dient zur Beherrschung der Komplexität und zur systematischen Variation der Verkehrsszenarien



Die Variation der Verkehrsszenarien wird so beeinflusst, dass die Systemgrenzen gezielt stimuliert werden





Vielen Dank!

# **Auf dem Weg zum automatisierten Fahren**

**Robustheitsanalyse der Steuergerätesoftware  
durch die Simulation systematisch variierten Verkehrsszenarien**

Steffen Wittel, Daniel Ulmer und Oliver Bühler  
*{steffen.wittel, daniel.ulmer, oliver.buehler}@steinbeis-ias.de*

Steinbeis Interagierende Systeme GmbH, Esslingen

---