

A faded, grayscale background image of a large, modern building with a glass facade and a prominent entrance, likely the ika building at RWTH Aachen University.

Vernetzung von Fahrdynamiksimulation, Fahr Simulator und Fahrversuch im Entwicklungsprozess von aktiven Fahrwerksystemen unter sicherheitsrelevanten Aspekten

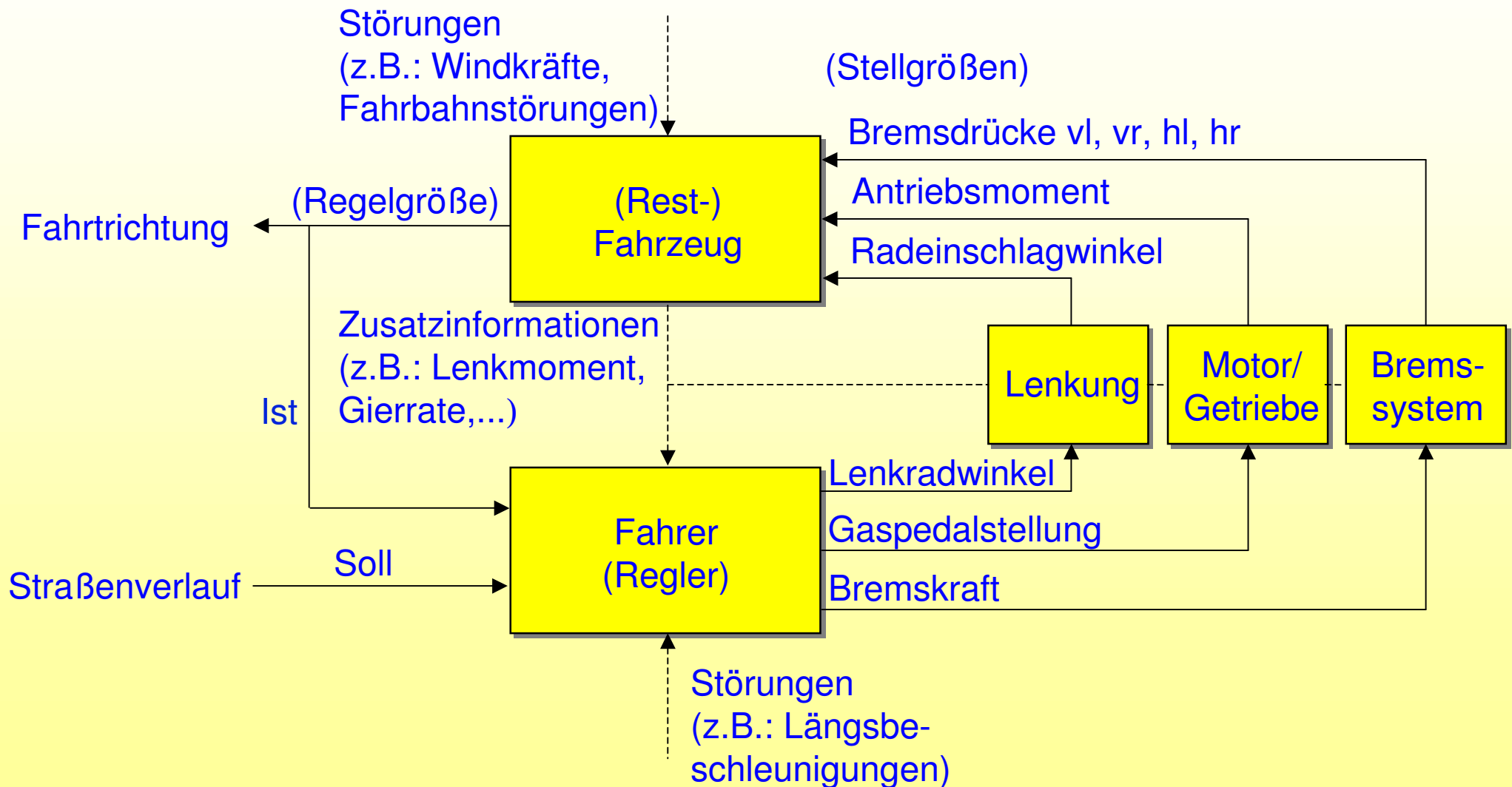
Tagung Fahrwerktechnik
02. - 04. Juni 2003, München

Dipl. - Ing. Florian Fuhr
ika Institut für Kraftfahrwesen Aachen
Prof. Dr. – Ing. Henning Wallentowitz
Steinbachstr. 7
D-52074 Aachen
www.ika.rwth-aachen.de

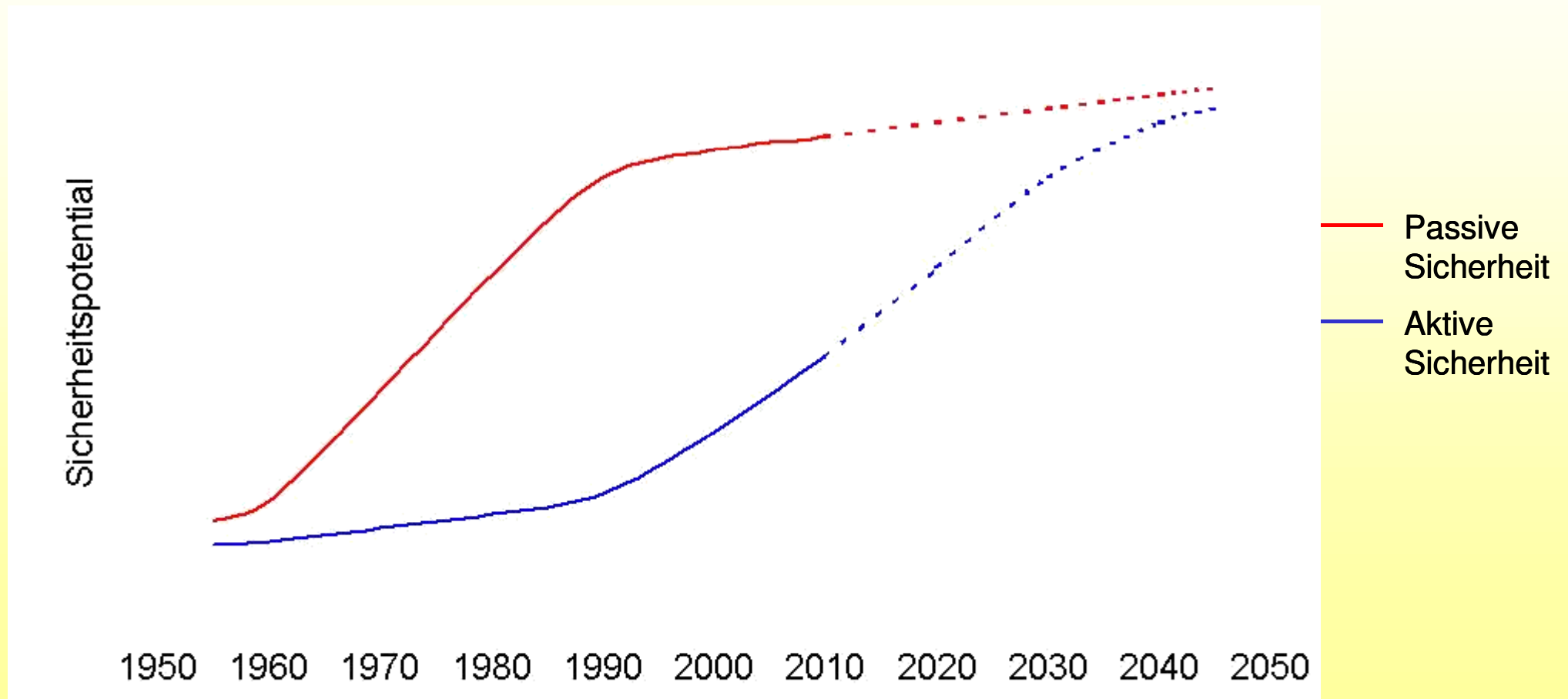
- ➔ Sicherheitspotential aktiver Fahrwerksysteme
- ➔ Einbeziehung des Fahrers in den Entwicklungsprozess
- ➔ Vernetzung unterschiedlicher Entwicklungswerkzeuge
 - ➔ Der Probandenfahrversuch
 - ➔ Die Fahrdynamiksimulation
 - ➔ Der Fahr Simulator
- ➔ Zusammenfassung und Ausblick

- ➔ Sicherheitspotential aktiver Fahrwerksysteme
- ➔ Einbeziehung des Fahrers in den Entwicklungsprozess
- ➔ Vernetzung unterschiedlicher Entwicklungswerkzeuge
 - ➔ Der Probandenfahrversuch
 - ➔ Die Fahrdynamiksimulation
 - ➔ Der Fahr Simulator
- ➔ Zusammenfassung und Ausblick

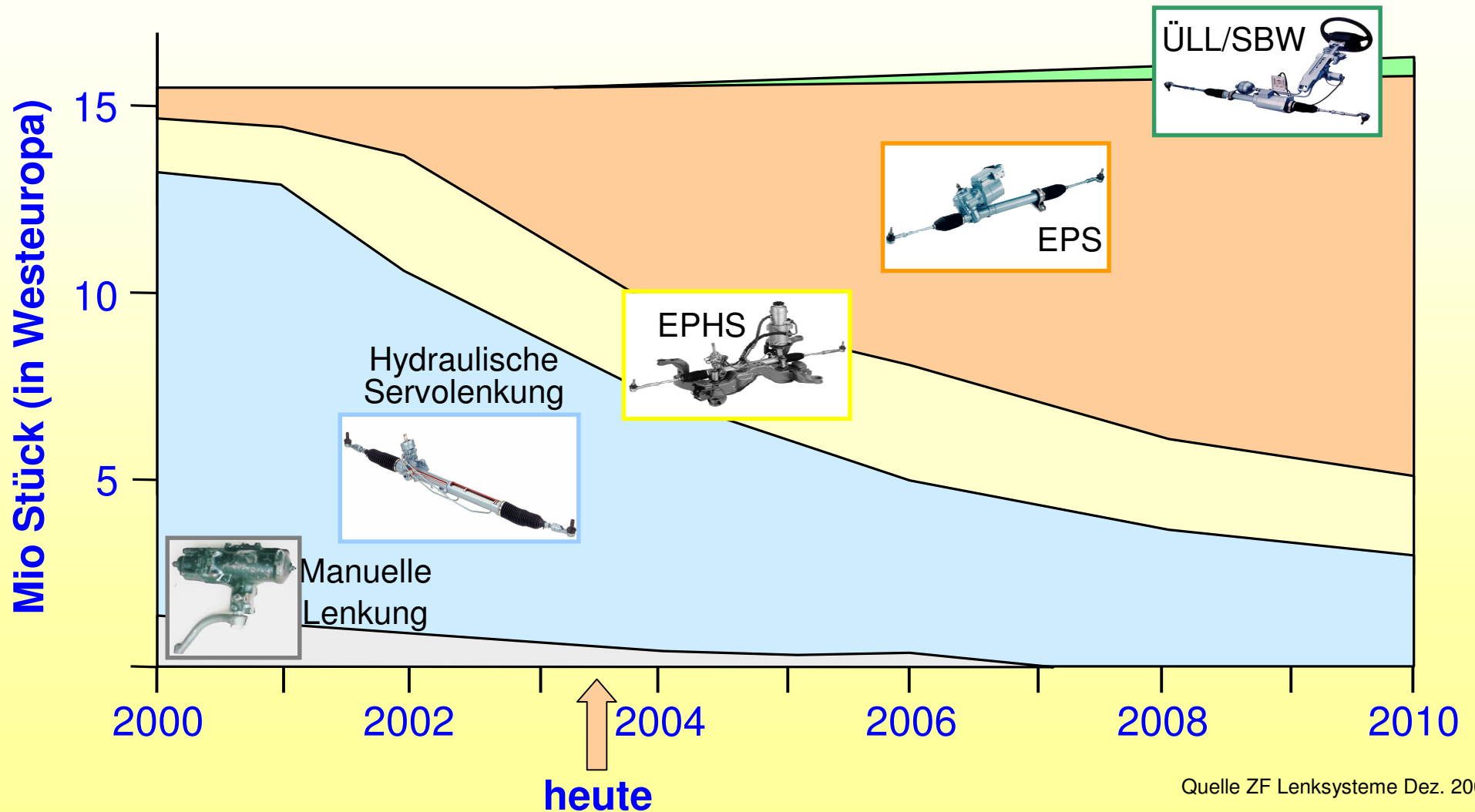
Regelkreis Fahrer - Fahrzeug - Umwelt



Vergleich aktive - passive Systeme



Verbreitung modernerer Lenksysteme



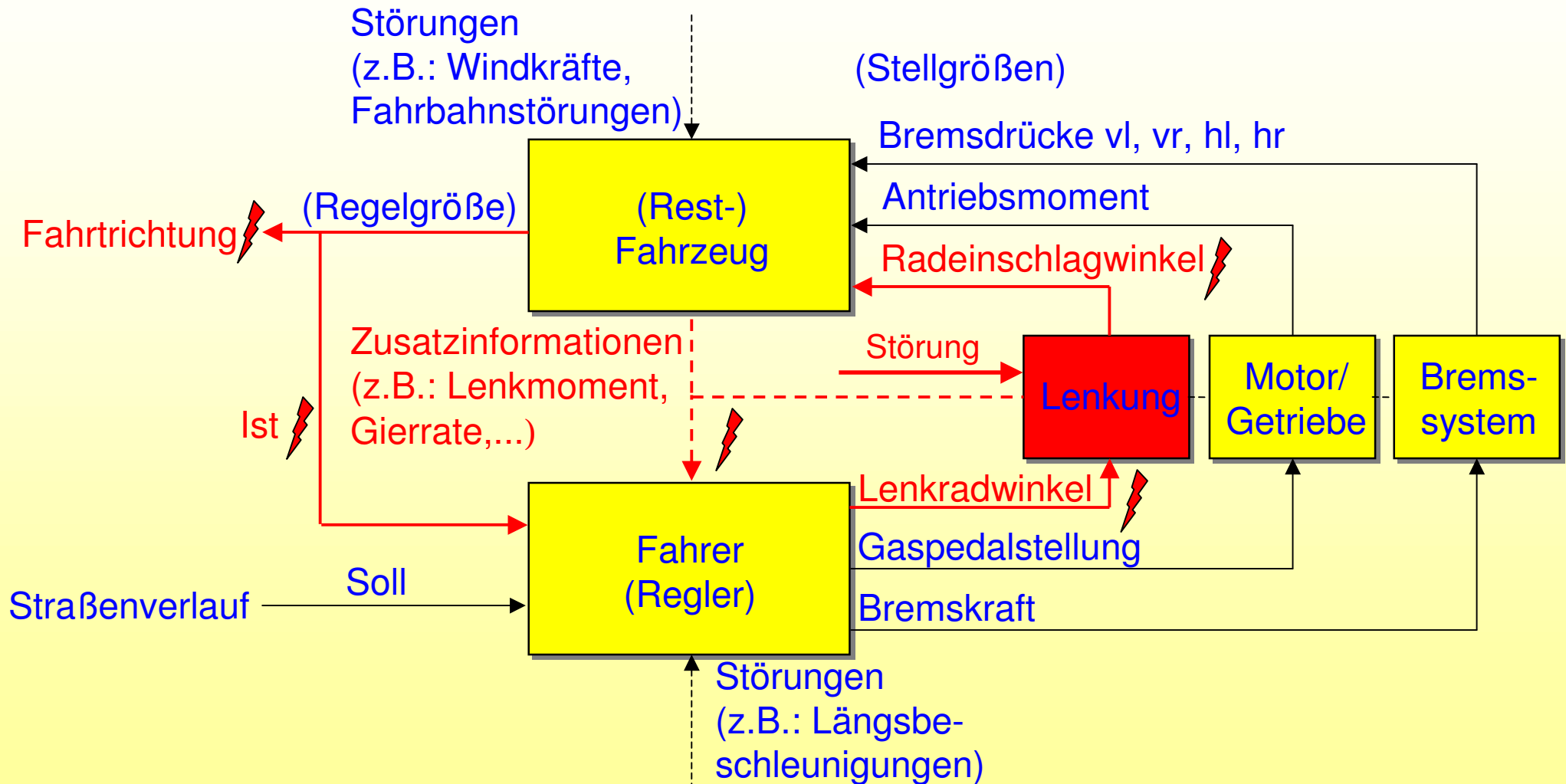
Quelle ZF Lenksysteme Dez. 2001

- ➔ Sicherheitspotential aktiver Fahrwerksysteme
- ➔ Einbeziehung des Fahrers in den Entwicklungsprozess
- ➔ Vernetzung unterschiedlicher Entwicklungswerkzeuge
 - ➔ Der Probandenfahrversuch
 - ➔ Die Fahrdynamiksimulation
 - ➔ Der Fahr Simulator
- ➔ Zusammenfassung und Ausblick

Sicherheitsfunktionen aktiver Fahrwerksysteme

- ➔ Möglichkeit vielfältiger Störbilder für aktive Fahrwerksysteme, z.B. Bremsengriff an einem Rad, Selbstlenker,
- ➔ Sicherheitsfunktionen müssen kritische Auswirkungen von Systemstörungen verhindern und Fahrzeug in sicheren Zustand überführen (Fail - Safe-Verhalten, Fail - Silent - Verhalten,)
- ➔ Auswirkungen von Systemstörungen auf den Menschen als „Regler“
- ➔ **Der Fahrer muss vor, während und nach einer Systemstörung in der Lage sein, das Fahrzeug sicher zu führen!**

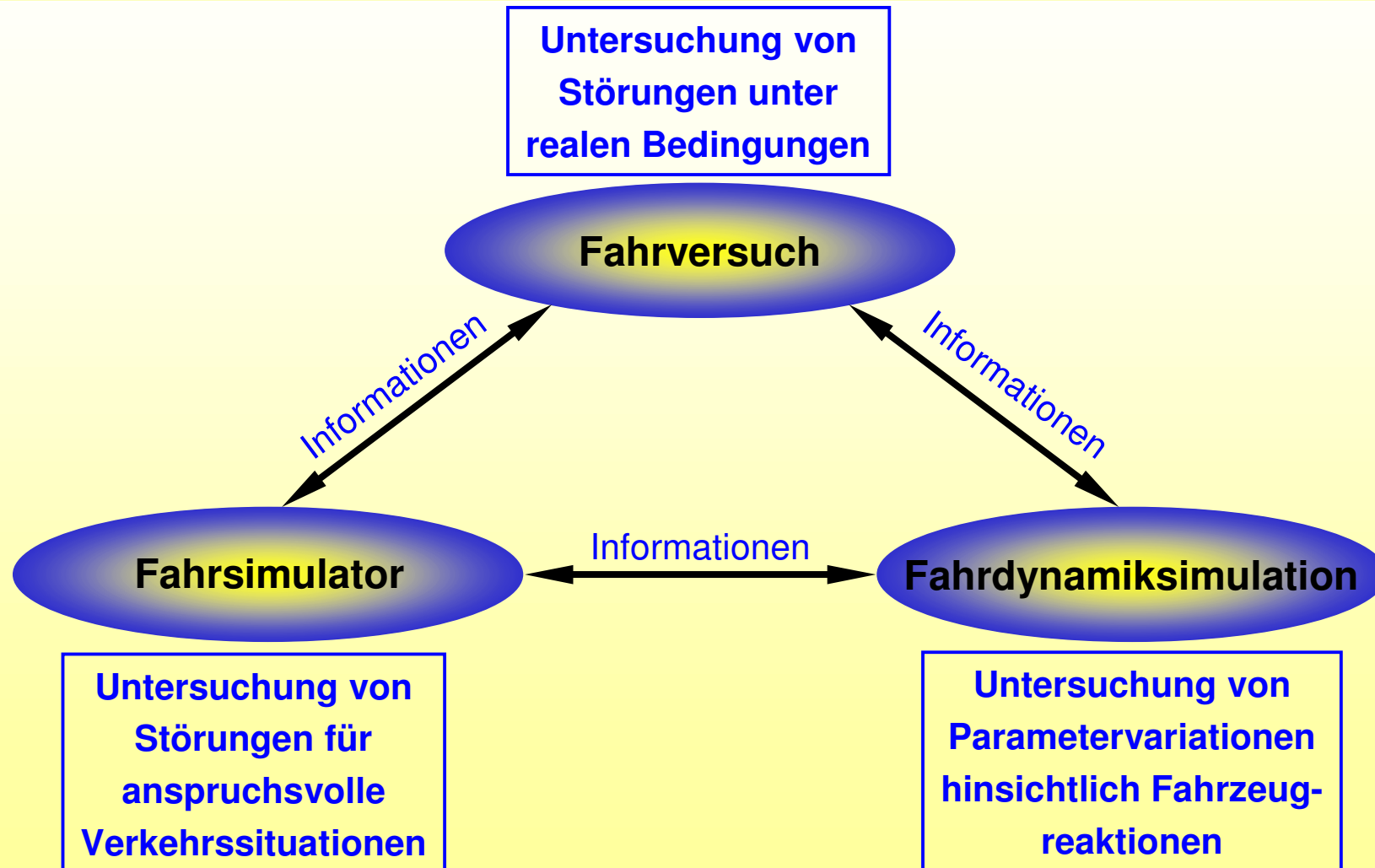
Auswirkung einer Systemstörung



⇒ Einbeziehung des Fahrers zur Identifizierung tolerierbarer Störungen notwendig!

- ➔ Sicherheitspotential aktiver Fahrwerksysteme
- ➔ Einbeziehung des Fahrers in den Entwicklungsprozess
- ➔ **Vernetzung unterschiedlicher Entwicklungswerkzeuge**
 - ➔ Der Probandenfahrversuch
 - ➔ Die Fahrdynamiksimulation
 - ➔ Der Fahr Simulator
- ➔ Zusammenfassung und Ausblick

Ganzheitlicher Ansatz für Sicherheitsuntersuchungen



Austausch von Erkenntnissen zwischen den Werkzeugen!

- ➔ Sicherheitspotential aktiver Fahrwerksysteme
- ➔ Einbeziehung des Fahrers in den Entwicklungsprozess
- ➔ Vernetzung unterschiedlicher Entwicklungswerkzeuge
 - ➔ Der Probandenfahrversuch
 - ➔ Die Fahrdynamiksimulation
 - ➔ Der Fahr Simulator
- ➔ Zusammenfassung und Ausblick

Aktives Fahrwerkelement mit synthetischer Störgrößenaufschaltung:

- ➔ Alle relevanten Störbilder vorsehen
- ➔ Feine Abstufung der Störungsintensität
- ⇒ **genaue Eingrenzung der tolerierbaren Systemstörungen möglich**



Anforderungen an die Fahrmanöver:

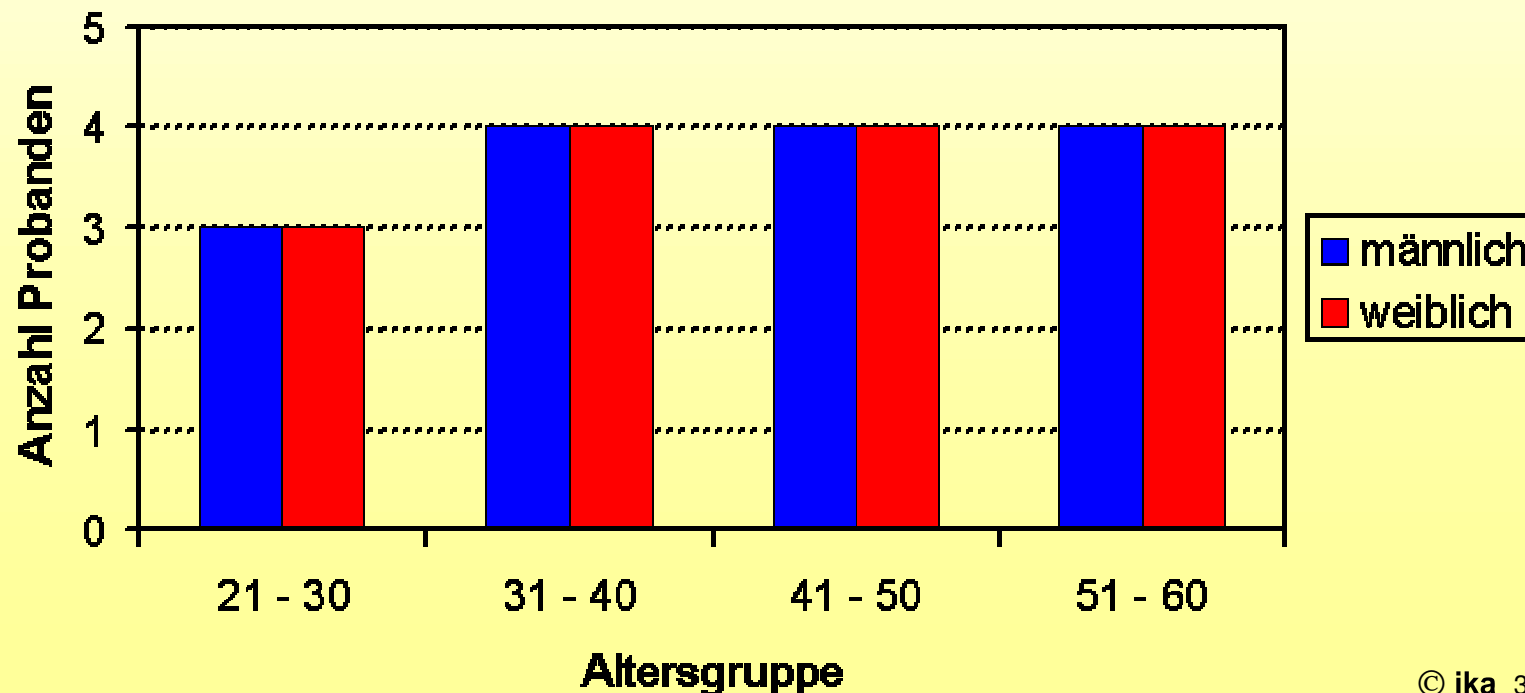
- ➔ Eignung hinsichtlich der zu untersuchenden Fragestellung
- ➔ Bezug zu alltäglichen Fahrsituationen
- ➔ Probanden dürfen bei voll funktionsfähigem Fahrzeug nicht überfordert sein
- ⇒ **Definitionsversuche mit geringer Anzahl von Fahrern**

Probandenauswahl

- ➔ Ausreichend große Anzahl von „Normalfahrern“
- ➔ Möglichst gleiche Anzahl von Männern und Frauen
- ➔ Berücksichtigung von Probanden aller Altersgruppen
- ➔ Gleichmäßig verteilte Altersgruppen

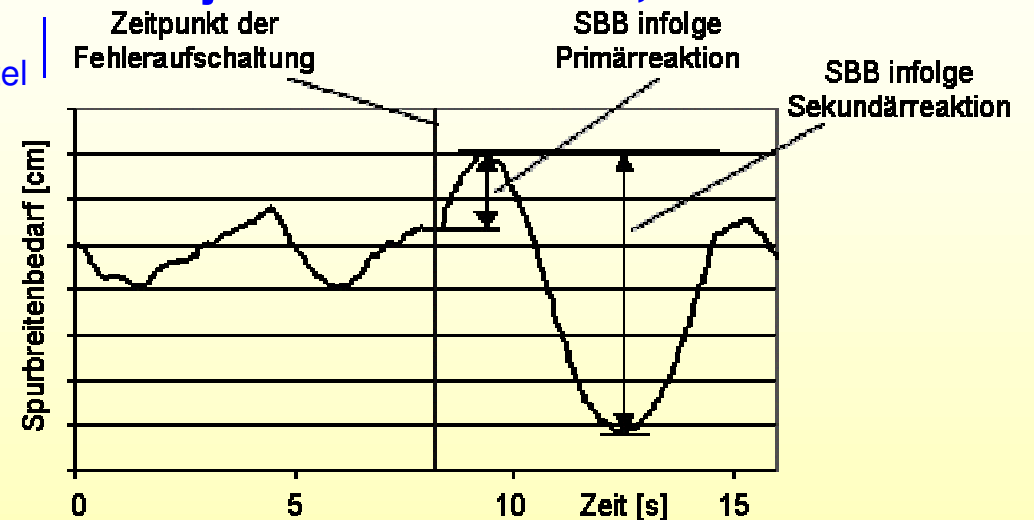
⇒ **Repräsentativer Querschnitt der Bevölkerung**

Beispiel: Probanden für eine Lenksystem – Sicherheitsuntersuchung (N = 30)

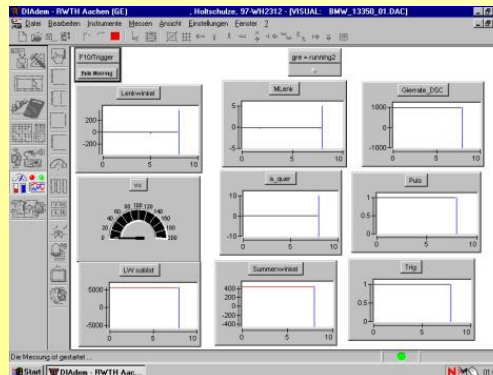


Auswertung der Fahrmanöver anhand von objektiven Kriterien, z.B.:

- ➔ Querbeschleunigung $|a_{y,max} - a_{y,mittel}|$
- ➔ Lenkwinkel $|\delta_{L,max} - \delta_{L,mittel}|$
- ➔ Spurbreitenbedarf (SBB) $|\Delta y|$
- ➔



⇒ Erfassung aller für die objektive Auswertung benötigten Messgrößen durch geeignete Messtechnik!



Subjektive Beurteilung

- ➔ Subjektive Beurteilung jeder Systemstörung durch Probanden
- ➔ Verwendung geeigneter, verständlicher Skalen

Fahrzeug nicht mehr kontrollierbar	10
	9
Gefahr für den Fahrer	8
	7
	6
Störung des Fahrers	5
	4
	3
Spürbarkeit	2
	1
nicht spürbar	0

Stärken:

- ➔ Reales Fahrzeugs mit aktivem Fahrwerkelement
- ➔ Realer Fahrer - Fahrzeug - Umwelt Regelkreis
- ➔ Untersuchung mit „Normalfahrern“

Schwächen:

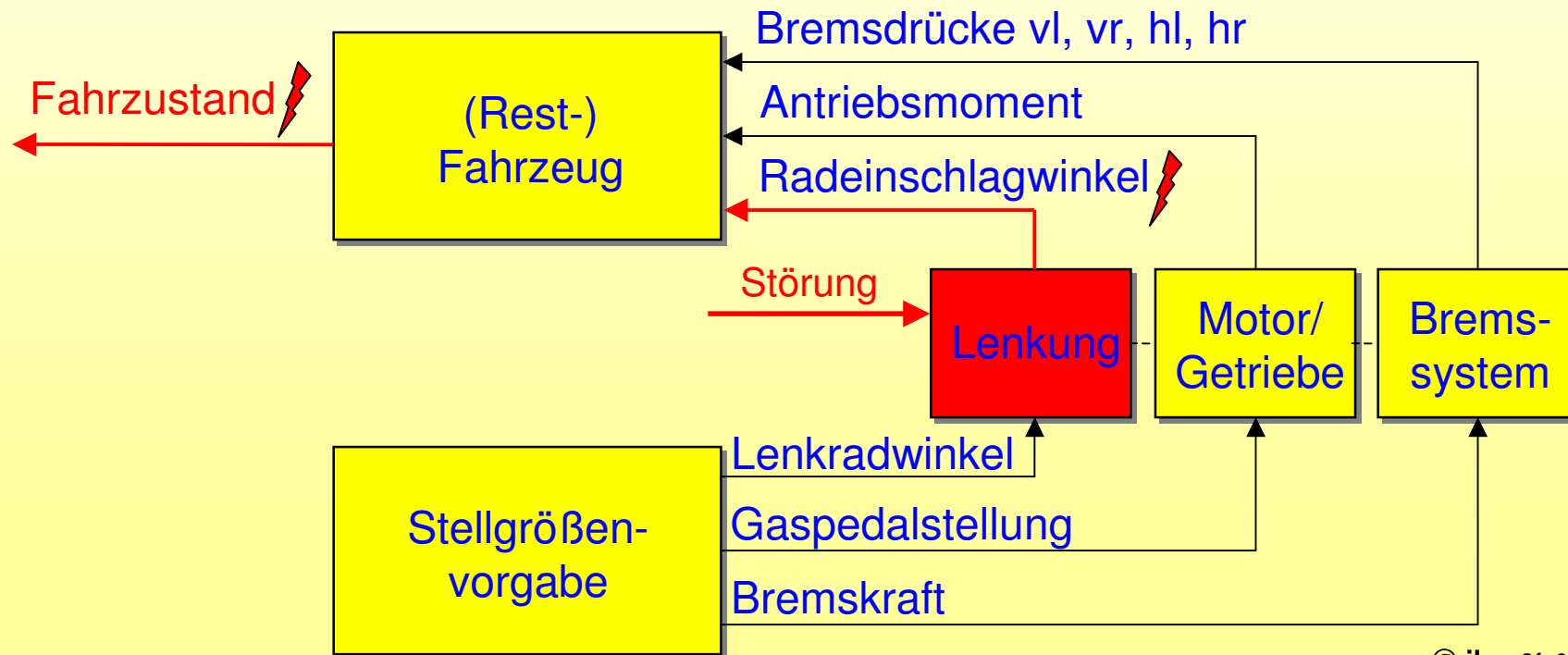
- ➔ Kein realer Fahrzeugverkehr
- ➔ großzügige Fahrbahnabmessungen
- ➔ Fahrgeschwindigkeiten begrenzt
- ➔ Variation von Fahrzeugparametern (z.B. Beladungszusatnd) und Umweltbedingungen sehr aufwendig

⇒ **Schwächen werden von anderen Entwicklungswerkzeugen z.T. kompensiert!**

- ➔ Sicherheitspotential aktiver Fahrwerksysteme
- ➔ Einbeziehung des Fahrers in den Entwicklungsprozess
- ➔ Vernetzung unterschiedlicher Entwicklungswerkzeuge
 - ➔ Der Probandenfahrversuch
 - ➔ Die Fahrdynamiksimulation
 - ➔ Der Fahr Simulator
- ➔ Zusammenfassung und Ausblick

Open - Loop Fahrdynamiksimulationen

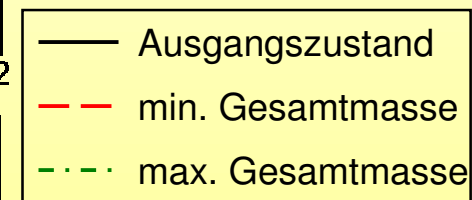
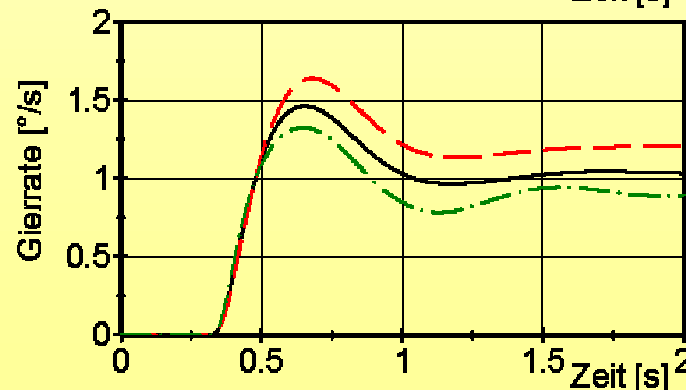
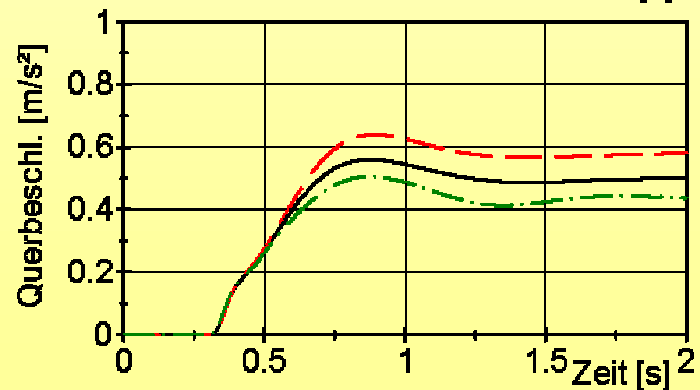
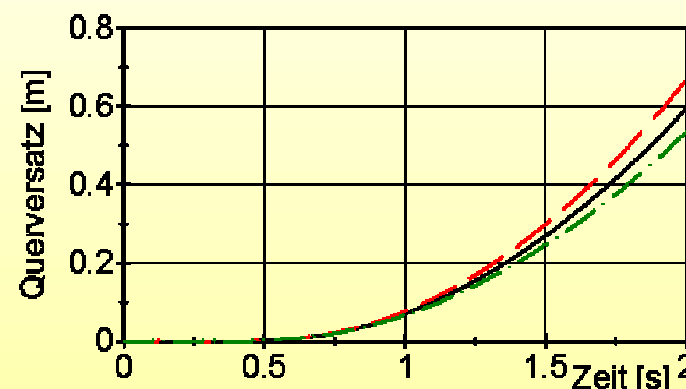
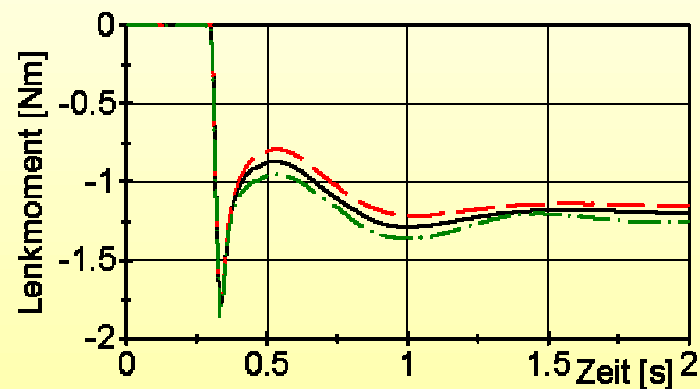
- ➔ Zuverlässige Modellierung von Fahrerreaktionen (insbesondere für Schreckreaktionen) nur sehr bedingt möglich:
 - ⇒ ausschließlich Untersuchung der Fahrzeugreaktionen infolge Systemstörungen (Open - Loop)
 - ⇒ entspricht einer Auftrennung des Fahrer - Fahrzeug - Umwelt Regelkreises



Parametervariationen

Die Fahrdynamiksimulation dient der Untersuchung von:

- ↻ Einflüssen unterschiedlicher Beladungszustände
- ↻ Einflüssen unterschiedlicher Fahrbahnreibungswerte
- ↻ Hohen Fahrgeschwindigkeiten
- ↻



Stärken und Schwächen der Fahrdynamiksimulation

Stärken:

- ➔ Relativ geringe Entwicklungsdauer
- ➔ Hohe Flexibilität hinsichtlich Parametervariationen
- ➔ Geringe Kosten

Schwächen:

- ➔ Für Simulationen übliche Abweichungen gegenüber realem Fahrzeug
- ➔ Simulation von Fahrdynamik im Grenzbereich schwierig
- ➔ Vernachlässigung des Fahrers

⇒ **Zuverlässiges Fahrermodell würde Nutzen der Fahrdynamiksimulation deutlich steigern!**

- ➔ Sicherheitspotential aktiver Fahrwerksysteme
- ➔ Einbeziehung des Fahrers in den Entwicklungsprozess
- ➔ Vernetzung unterschiedlicher Entwicklungswerkzeuge
 - ➔ Der Probandenfahrversuch
 - ➔ Die Fahrdynamiksimulation
 - ➔ **Der Fahr Simulator**
- ➔ Zusammenfassung und Ausblick

Abstimmung des Simulators auf das Versuchsfahrzeug hinsichtlich:

- ➔ Fahrzeuglängs-, Quer-, und Vertikaldynamik
- ➔ Optik und Akustik
- ➔ Aktives Fahrwerkelement
- ➔ Systemstörungen des Fahrwerkelementes



Problem:

Systembedingte Einschränkungen beeinträchtigen realistische Simulation

- ➔ $a_{y,max}; \dot{\psi}_{max}$
- ➔ Stationäre Fahrmanöver
- ➔ Optik
- ➔ Subjektive Wahrnehmung des Menschen
- ➔



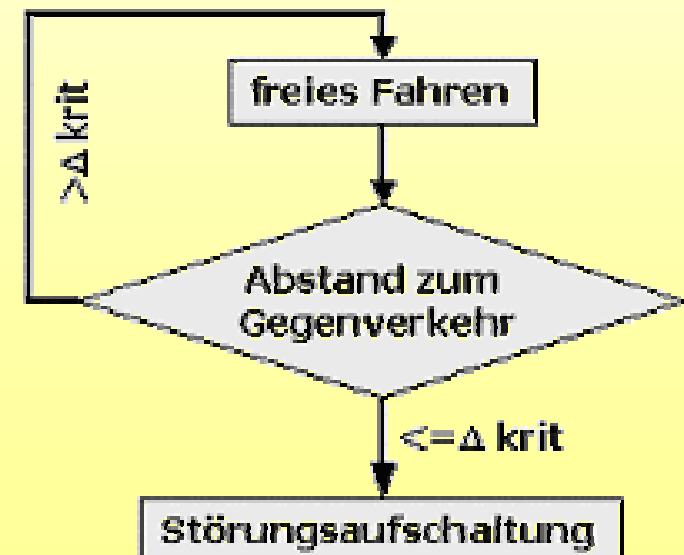
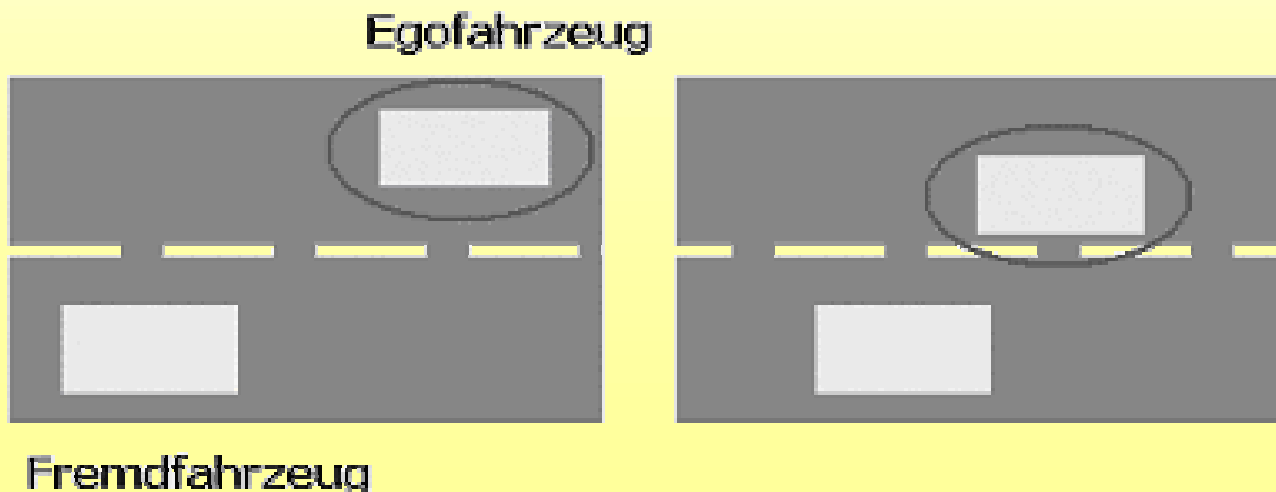
⇒ **Fahrimulator zur Untersuchung des Einflusses anspruchsvoller Verkehrssituationen!**

Untersuchung von Systemstörungen in anspruchsvoller Verkehrssituationen durch flexible Datenbasisgenerierung und Verkehrssteuerung:

- ➔ Beliebige Strassenführungen online
- ➔ Beliebiger Gegen- und Mitverkehr online
- ➔ Steuerung einzelner Verkehrsteilnehmer online
- ➔ Ereignisgesteuerte Aufschaltung beliebiger Systemstörungen



Beispiel: Abstandabhängige Auslösung einer Lenksystemstörung



Stärken:

- ➔ Untersuchung mit „Normalfahrern“
- ➔ Flexible Gestaltung der Verkehrssituation
- ➔ Flexible Gestaltung der Umwelt

Schwächen:

- ➔ Kein reales Fahrzeugverhalten
- ➔ Nur relative Aussagen bzgl. Beeinflussung des Fahrers möglich

- ➔ Sicherheitspotential aktiver Fahrwerksysteme
- ➔ Einbeziehung des Fahrers in den Entwicklungsprozess
- ➔ Vernetzung unterschiedlicher Entwicklungswerkzeuge
 - ➔ Der Probandenfahrversuch
 - ➔ Die Fahrdynamiksimulation
 - ➔ Der Fahr Simulator
- ➔ Zusammenfassung und Ausblick

- ➔ Aktive Fahrwerksysteme erfordern umfangreiche Sicherheitsfunktionen
- ➔ Fahrer muß jederzeit in der Lage sein, das Fahrzeug sicher zu führen
- ➔ Einbeziehung des Fahrers in die Entwicklung von Sicherheitsfunktionen notwendig
- ➔ Vernetzung von Fahrversuch, Fahrdynamiksimulation und Fahrsimulator zur ganzheitlichen, integrativen Erarbeitung von Sicherheitsfunktionen
- ➔ Probandenfahrversuch wichtigstes Werkzeug zur Identifizierung von zulässigen Systemstörungen
- ➔ Fahrdynamiksimulation und Fahrsimulator als Ergänzung hinsichtlich veränderten Rahmenbedingungen

Ausblick:

- ➔ Methode auch für Anwendung bzgl. anderer Aufgabenstellungen der Fahrwerkentwicklung übertragbar, z.B. kundenorientierte Entwicklung von Komfortsystemen