

# Soll mein Auto so fahren wie ich? – im Kontext des automatisierten Fahrens

David Käthner, Stefan Griesche

DLR, Braunschweig



Wissen für Morgen



# Selbstfahrende Fahrzeuge



**Karl Napf**  
endlich keine überforderten Fahrer mehr auf unseren Strassen. Ich freue mich darauf! :-)  
👍 0 | Melden



# Motivation | Problembeschreibung

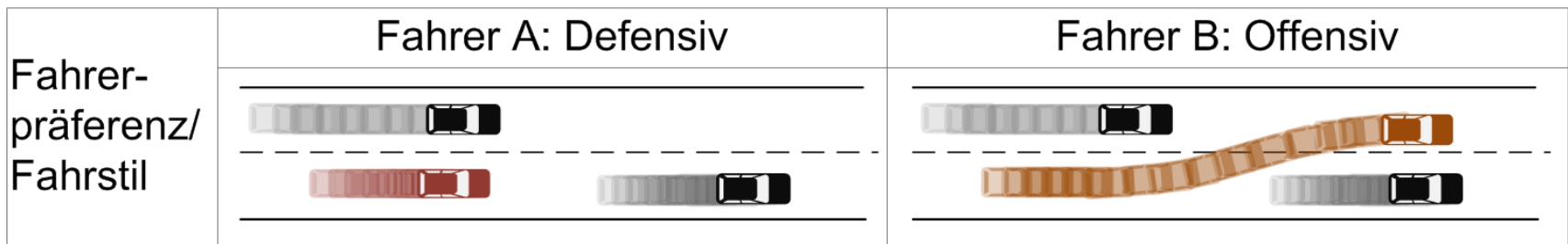


# Problembeschreibung

**Ausgangslage:** Implementiertes Automationsverhalten wird nicht von jedem Fahrer gleich gut akzeptiert und präferiert

**Ansatz:** Anpassung der Automation an den individuellen Fahrstil

**Ziel:** Erhöhung des Fahrkomforts und der Attraktivität des Automationsverhaltens



**Aber soll mein Auto wirklich so fahren wie ich?**



# Motivation | Problembeschreibung | **Modellierung**



# Anforderungen die Modellierung

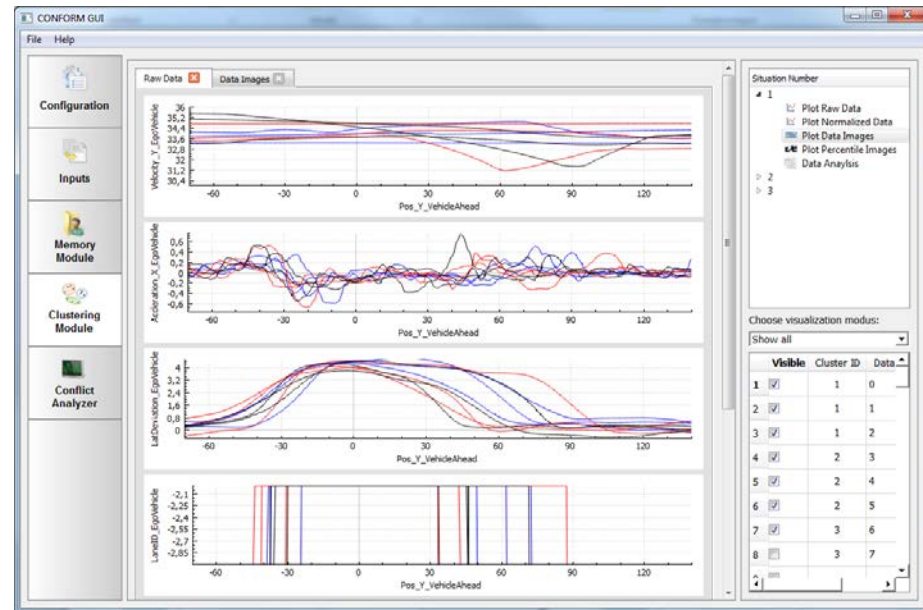
1. Situationsabhängiges Erlernen des natürlichen Fahrerverhaltens
2. Inter- und intraindividuelle Unterschiede im Fahrerverhalten clustern



Entwicklung des Tools  
CONFORM

(**Conflict** recognition by  
image processing methods)

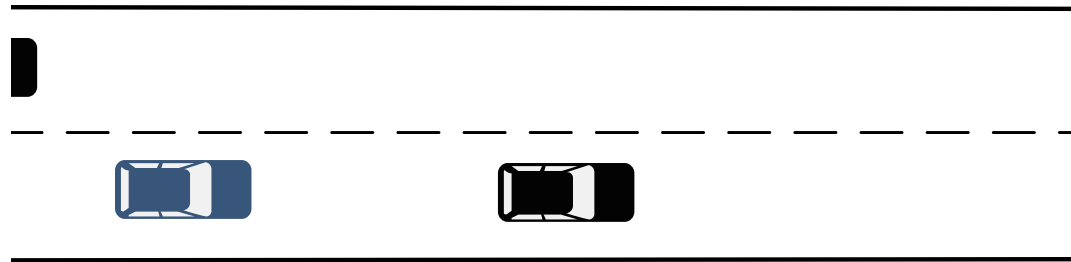
Methode: Multivariate-  
Zeitreihenanalyse mit  
Mustererkennung



# Motivation | Problembeschreibung | Modellierung | **Evaluierung**

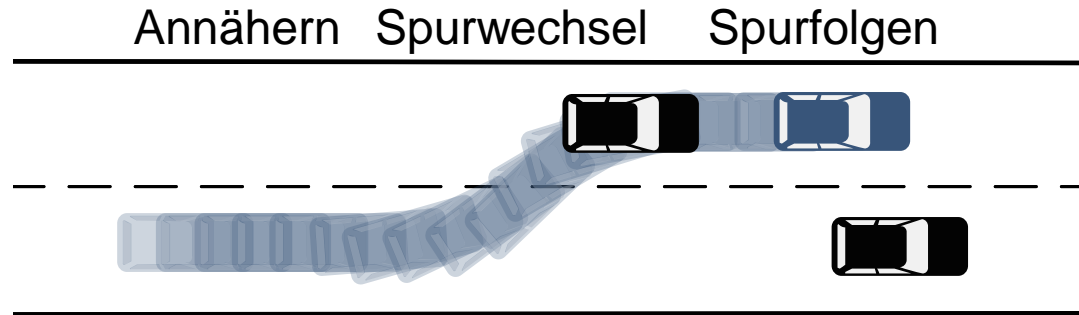


# Use Case: Überholvorgang auf zweispuriger Autobahn





# Use Case: Überholvorgang auf zweispuriger Autobahn



# Simulatorexperiment



# Simulatorexperiment: Ziele



## Phase 1: Wie fahre ich?

- Modellierung individueller Fahrstile und deren Clustering



## Phase 2: Soll mein Auto so fahren wie ich?



# Simulatorexperiment: Ziele



## Phase 1: Wie fahre ich?

- Modellierung individueller Fahrstile und deren Clustering



## Phase 2: Soll mein Auto so fahren wie ich?

- Untersuchung, ob Fahrer ihren eigenen, einen ähnlichen oder einen anderen Fahrstil präferieren



# Simulatorexperiment: Automationslevel



## Phase 1: Wie fahre ich?

- Manuelles Fahren



## Phase 2: Soll mein Auto so fahren wie ich?

- Automatisiertes Fahren – SAE Level 2

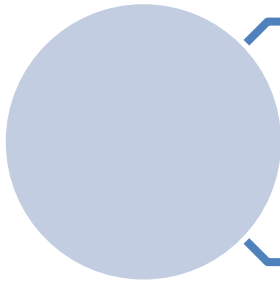


# Simulatorexperiment: Versuchssetting



## Phase 1: Wie fahre ich?

- Dyn. Sim: 41 Versuchspersonen (34 Männer, 7 Frauen)



## Phase 2: Soll mein Auto so fahren wie ich?



# Simulatorexperiment: Versuchssetting



## Phase 1: Wie fahre ich?

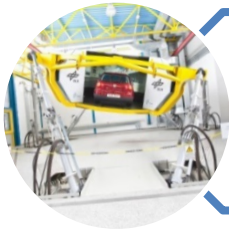
- Dyn. Sim: 41 Versuchspersonen (34 Männer, 7 Frauen)



## Phase 2: Soll mein Auto so fahren wie ich?

- Dyn. Sim: 35 der 41 Versuchspersonen aus Phase 1





## Phase 1: Wie fahre ich? Versuchsablauf am Beispiel der VP Max Mustermann

Max Mustermann wird zum  
Versuch am DLR eingeladen







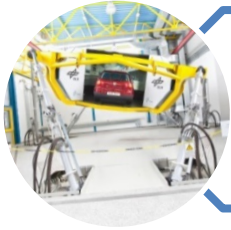
# Phase 1: Wie fahre ich?

## Versuchsablauf am Beispiel der VP Max Mustermann

Simulator-  
training

5 Min





# Phase 1: Wie fahre ich?

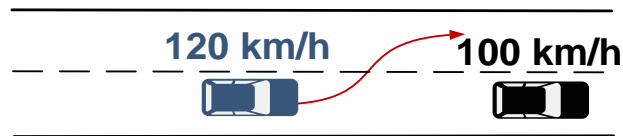
## Versuchsablauf am Beispiel der VP Max Mustermann

Simulator-  
training

5 Min

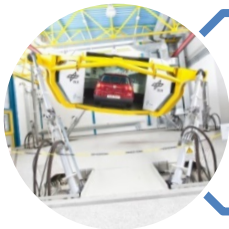
Situation A: 25-Mal

15 Min



*Situation A*





# Phase 1: Wie fahre ich?

## Versuchsablauf am Beispiel der VP Max Mustermann

Simulator-  
training

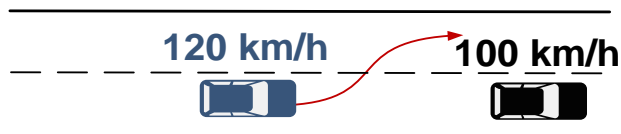
5 Min

Situation A: 25-Mal

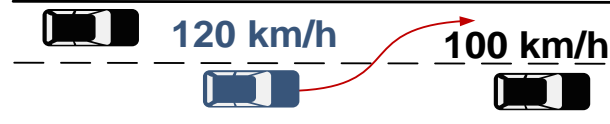
15 Min

Situation B+C: 50-Mal

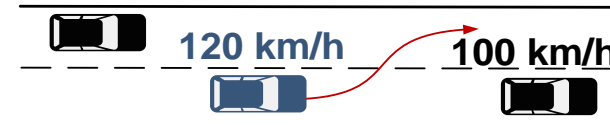
30 Min

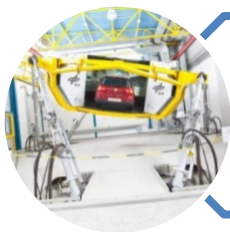


140 km/h



160 km/h

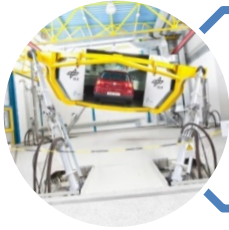




## Phase 1: Wie fahre ich?

### Versuchsablauf am Beispiel der VP Max Mustermann

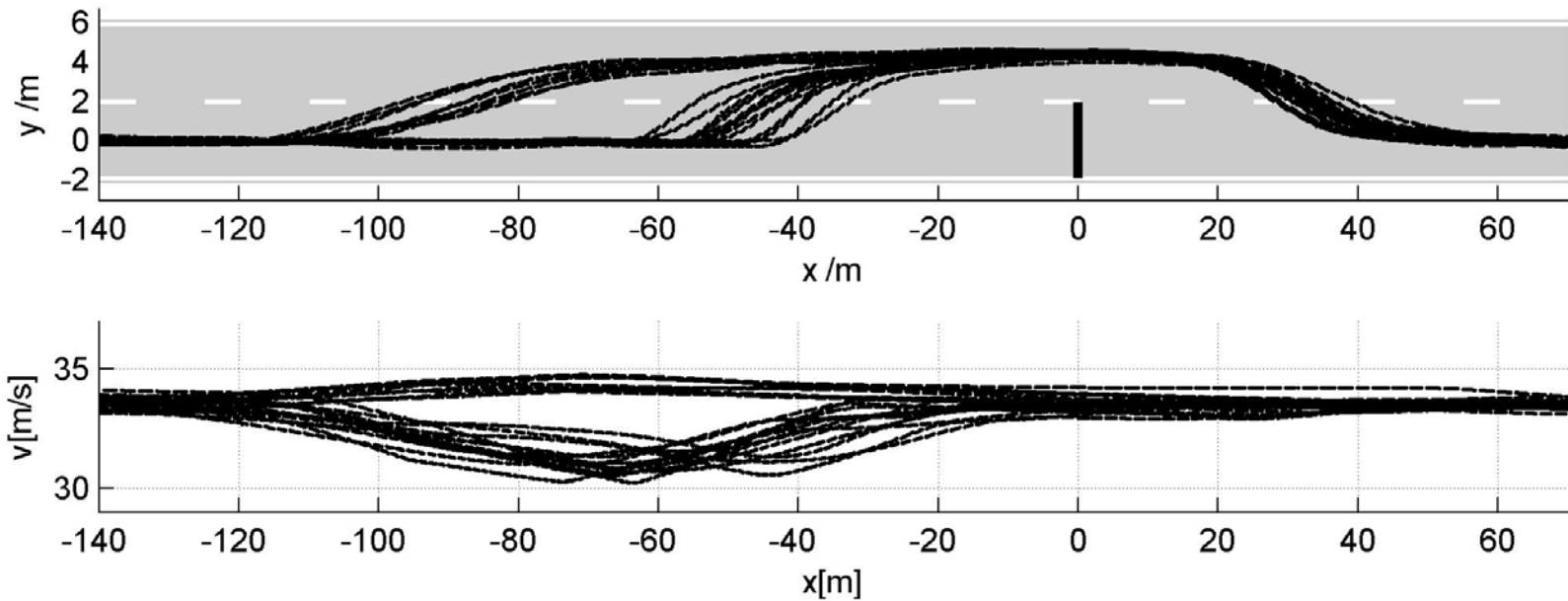


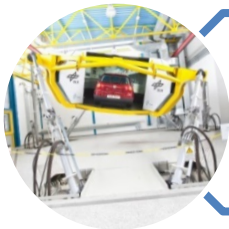


## Phase 1: Wie fahre ich?

### Versuchsablauf am Beispiel der VP Max Mustermann

Situation B - Linke Spur PKW 140 km/h:  
Darstellung aller 25 Überholvorgänge von Max Mustermann





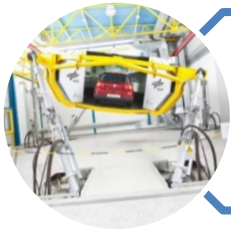
## Phase 1: Wie fahre ich? Analyse und Modellierung

Max Mustermann hat die erste Phase erfolgreich abgeschlossen und kann in 3 Monaten wiederkommen



...in der Zwischenzeit wird Phase 1 ausgewertet



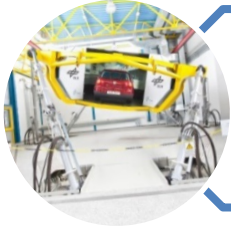


## Phase 1: Wie fahre ich? Analyse und Modellierung

### Ziel:

1. Bestimmung eines repräsentativen Überholvorgangs pro Fahrer und pro Situation
2. Zuordnung der Fahrer zu Fahrstilclustern





## Phase 1: Wie fahre ich? Analyse und Modellierung

### Ziel:

1. Bestimmung eines repräsentativen Überholvorgangs pro Fahrer und pro Situation
2. Zuordnung der Fahrer zu Fahrstilclustern

### Ansatz: Modellierung mittels CONFORM

#### Festlegung der Eingangsvariablen:

- Laterale Abweichung zur Fahrstreifenmitte der rechten Spur
- Eigene Geschwindigkeit
- Laterale Beschleunigung

Relativ zum rel. Abstand zwischen Egofahrzeug und vorausfahrenden Fahrzeug



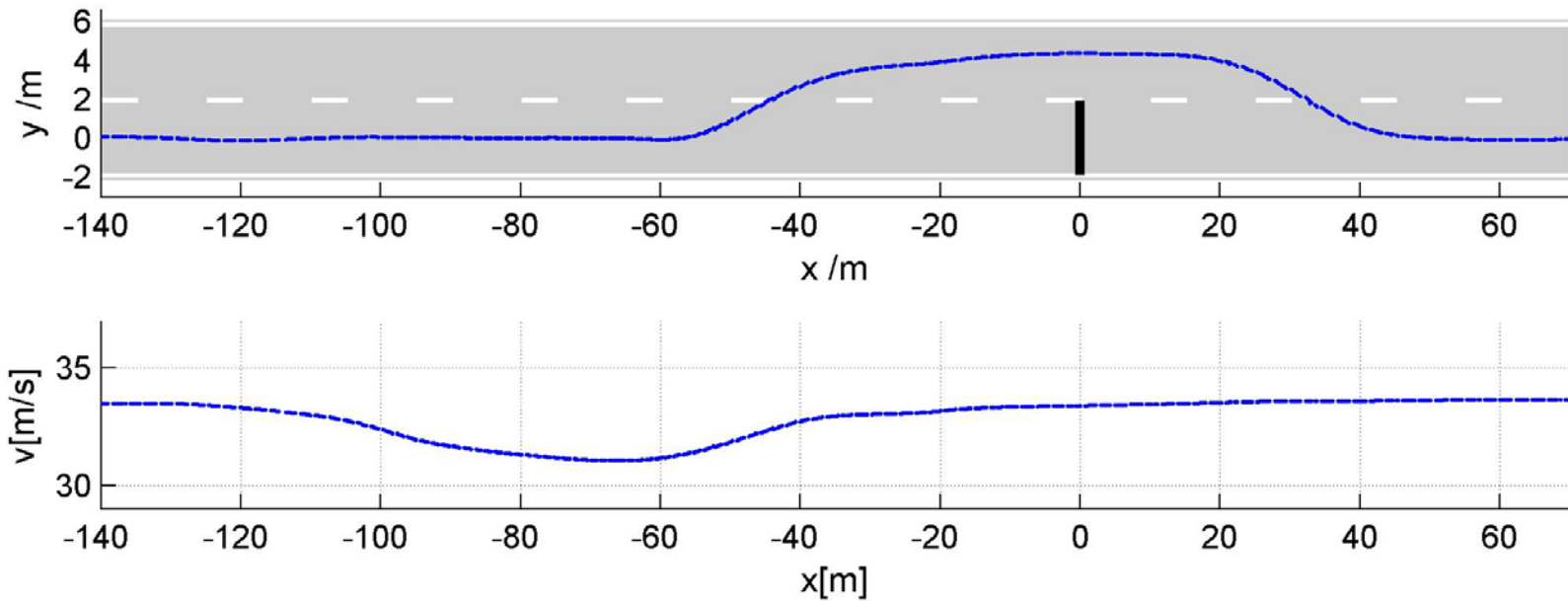


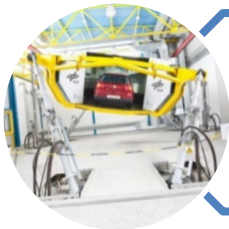


## Phase 1: Wie fahre ich?

### Ergebnis 1: Repräsentativer Fahrstil pro Situation

Situation B - Linke Spur PKW 140 km/h:  
Darstellung der zwei Fahrstile von Max Mustermann





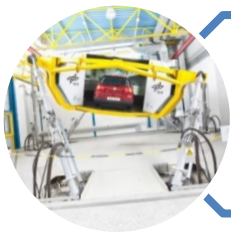
## Phase 1: Wie fahre ich?

Situation B - Linke Spur PKW 140 km/h:  
Darstellung der zwei Fahrstile von Max Mustermann



Aufgrund der höheren Wahrscheinlichkeit ist der blaue Fahrstil der repräsentative Fahrstil von Max Mustermann in Situation B

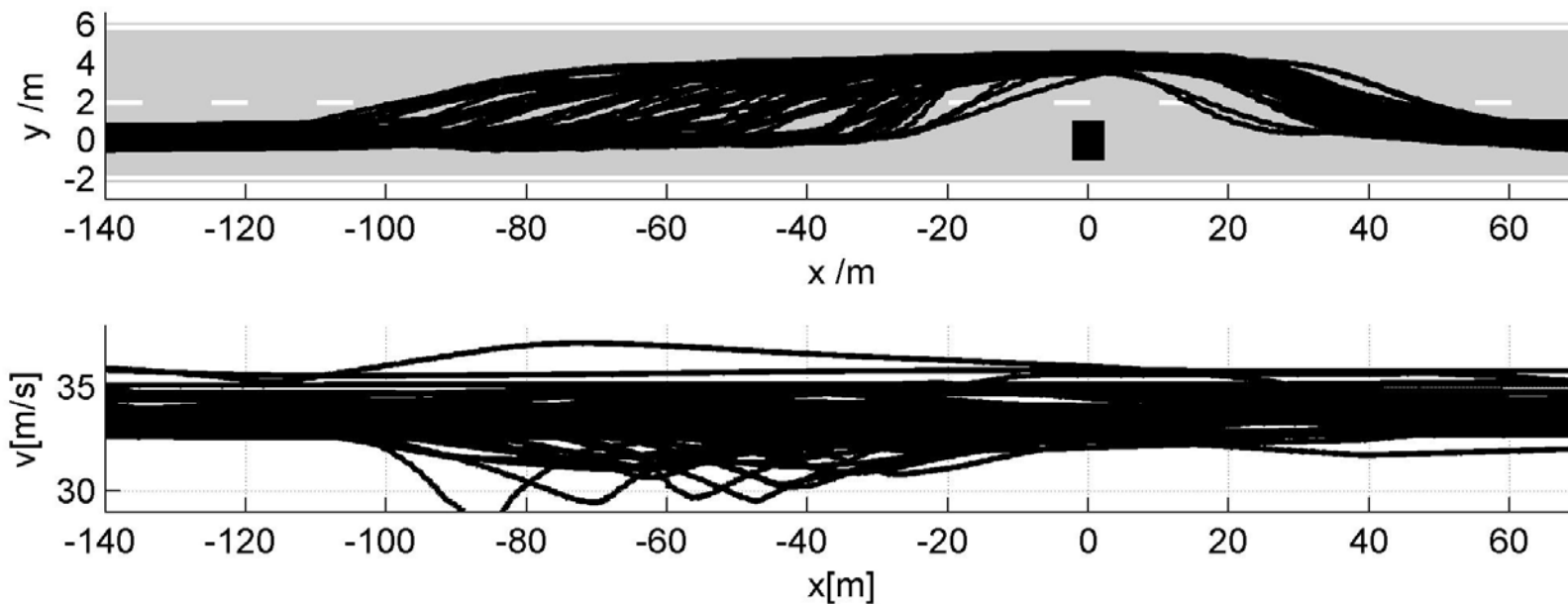


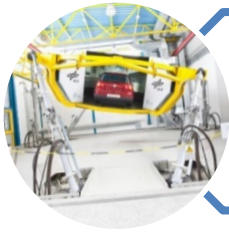


## Phase 1: Wie fahre ich?

### Ergebnis 2: Fahrstilklassifizierung

Situation B - Linke Spur PKW 140km/h:  
Darstellung der repräsentativen Überholvorgänge aller Versuchspersonen

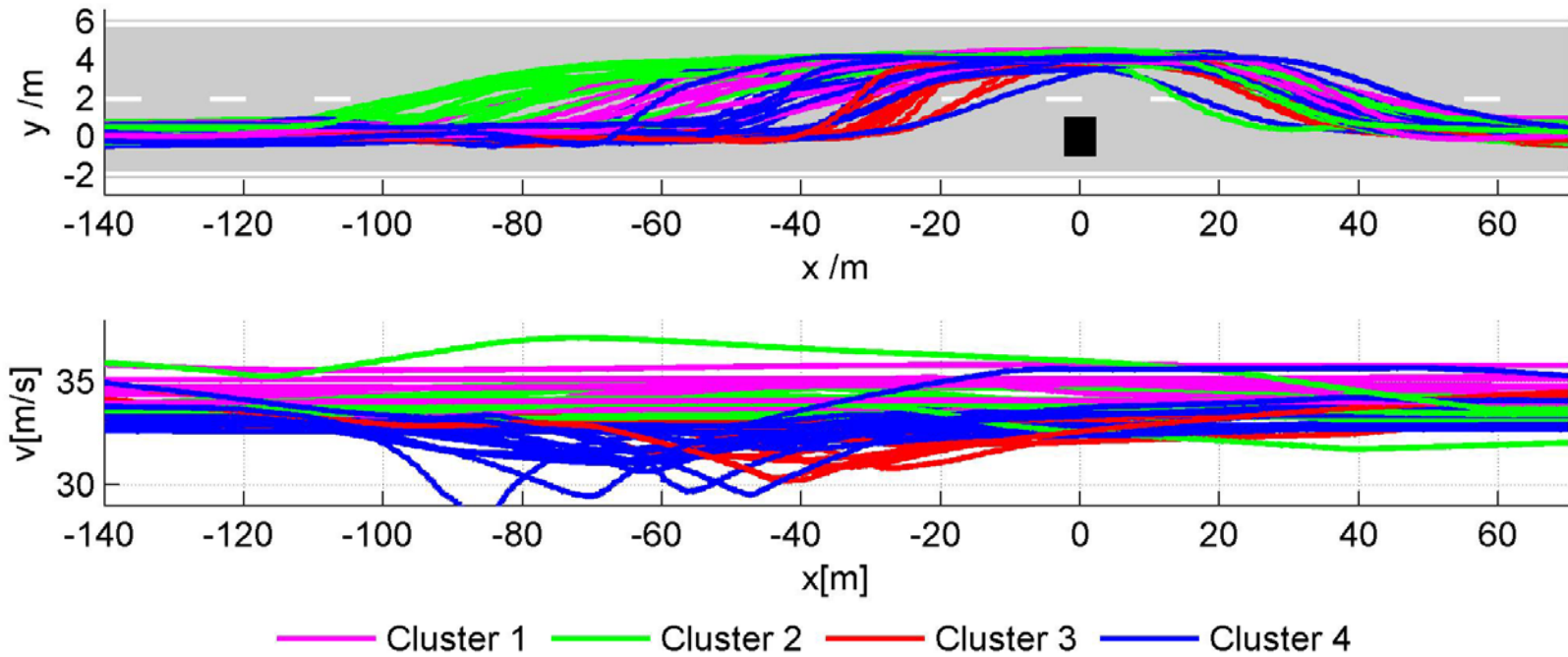


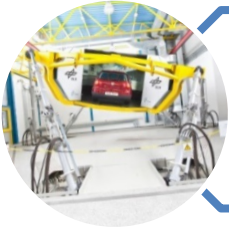


# Phase 1: Wie fahre ich?

## Ergebnis 2: Fahrstilklassifizierung

Situation B - Linke Spur PKW 140km/h:  
Darstellung der 4 Fahrstilcluster

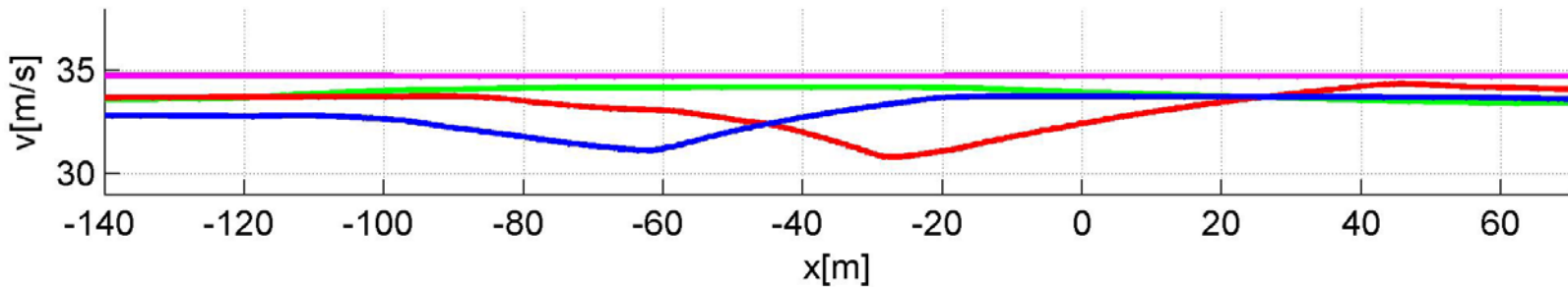
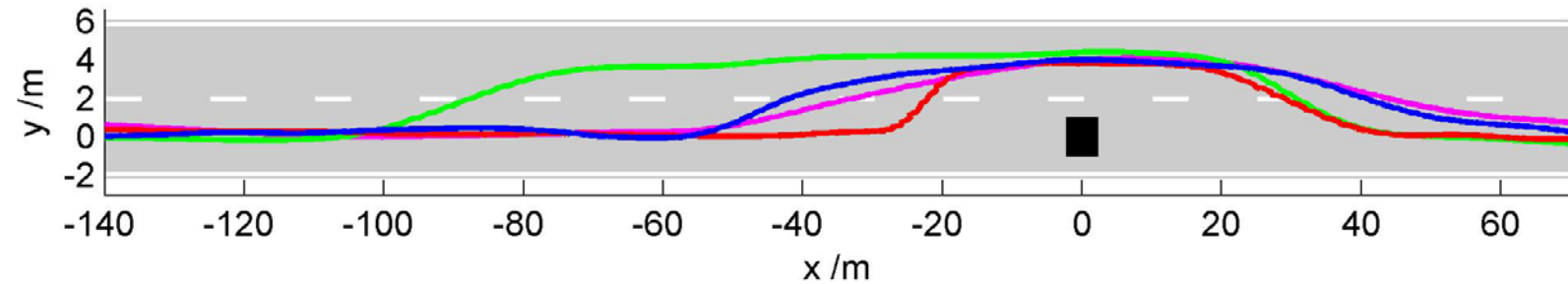




## Phase 1: Wie fahre ich?

### Ergebnis 2: Fahrstilklassifizierung

Situation B - Linke Spur PKW 140km/h:  
Darstellung der 4 Fahrstilvarianten



— Variante B1 — Variante B2 — Variante B3 — Variante B4

Verteilung VPs | **10** | **11** | **6** | **14**





## Phase 2: Soll mein Auto so fahren wie ich? Versuchsablauf für Max Mustermann



Mittlerweile ist Sommer und  
Max Mustermann kommt  
wieder am DLR vorbei





## Phase 2: Soll mein Auto so fahren wie ich? Versuchsablauf für Max Mustermann

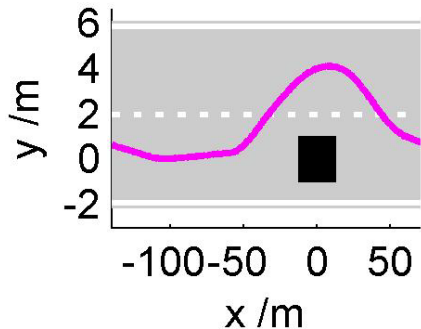
Input von Phase 1: „Fahrstilpool“

- Fahrstile A1-A4, B1-B4, C1-C4
- Individuelle Fahrstile von Max Mustermann in Sit. A-C

**Methode des Best Worst Scaling zur  
Präferenzmessung**

### Variante 1:

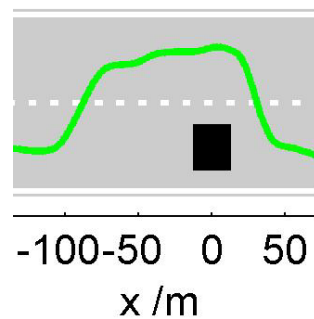
Fahrdaten von  
B1 (~40 Sek.)



+

### Variante 2:

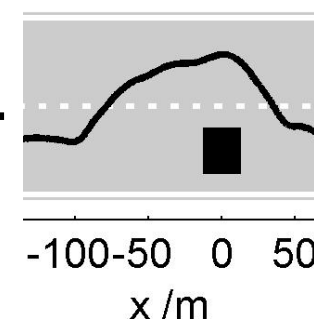
Fahrdaten von  
B2 (~40 Sek.)



+

### Variante 3:

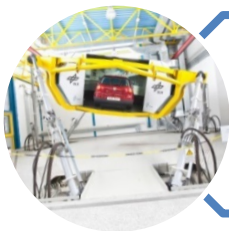
Fahrdaten von Max  
Mustermann in Sit. B



=

1. Bewertungsblock  
(~2.5 Min.)





## Phase 2: Soll mein Auto so fahren wie ich? Versuchsablauf für Max Mustermann



**Automatisiertes Überholmanöver:  
Situation B - Linke Spur PKW 140 km/h**







## Phase 2: Soll mein Auto so fahren wie ich? Versuchsablauf für Max Mustermann

Evaluation nach Block 1:

Versuchsleiter: Welche Überholvorgangsvariante war die Beste, welche die Schlechteste?

Max Mustermann: Variante 2 war die Beste und Variante 1 die Schlechteste.





## Phase 2: Soll mein Auto so fahren wie ich? Versuchsablauf für Max Mustermann

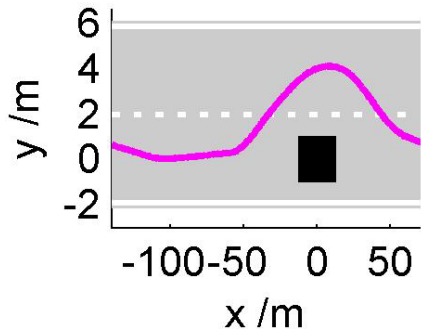
Input von Phase 1: „Fahrstilpool“

- Fahrstile A1-A4, B1-B4, C1-C4
- Individuelle Fahrstile von Max Mustermann in Sit. A-C

Methode des Best Worst Scaling zur  
Präferenzmessung

### Variante 1:

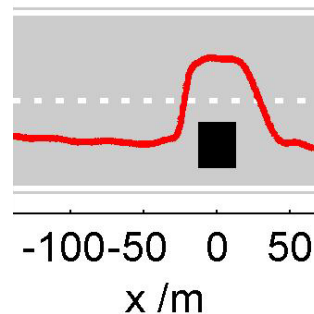
Fahrdaten von  
B1 (~40 Sek.)



+

### Variante 2:

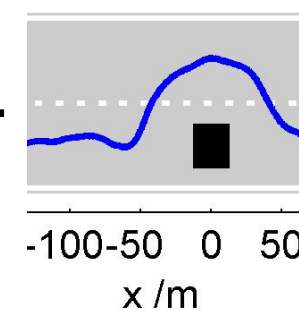
Fahrdaten von  
B3 (~45 Sek.)



+

### Variante 3:

Fahrdaten von  
B4 (~45 Sek.)



=

2. Bewertungsblock  
(~2.5 Min.)





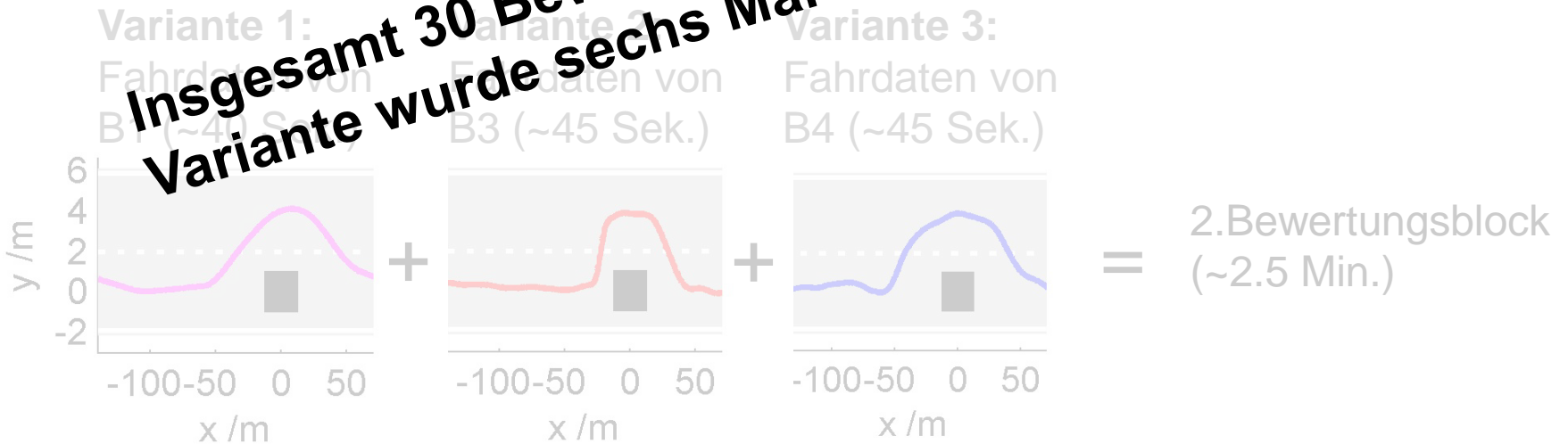
## Phase 2: Soll mein Auto so fahren wie ich? Versuchsablauf für Max Mustermann

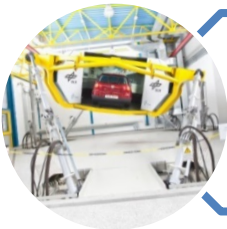
Input von Phase 1: „Fahrstilpool“

- Fahrstile A1-A4, B1-B4, C1-C4
- Individuelle Fahrstile von Max Mustermann in Sit. A-C

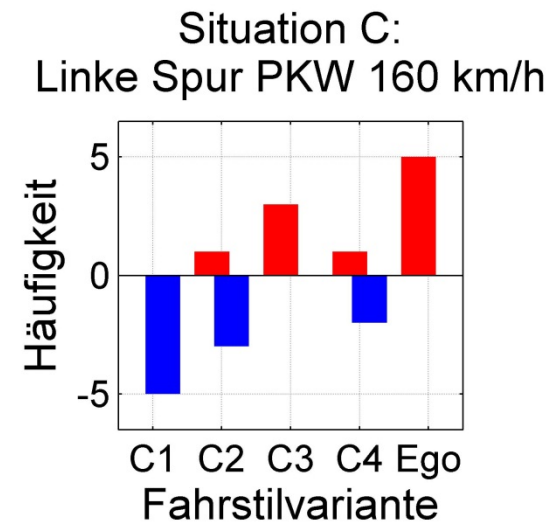
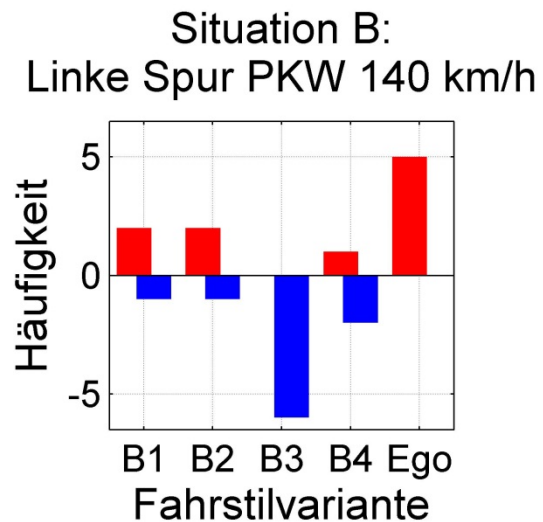
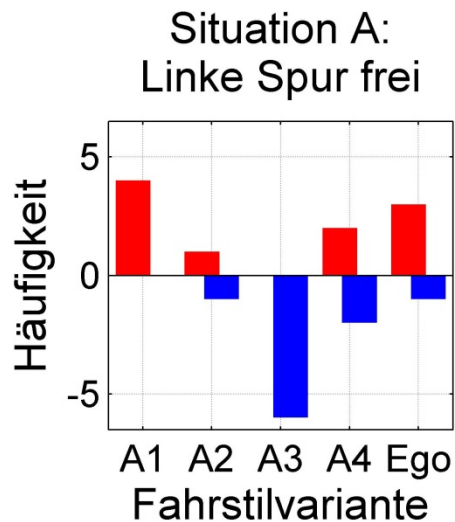
Methode des Post-Test Scaling zur  
Präferenzmessung

**Insgesamt 30 Bewertungsblöcke und jede Variante wurde sechs Mal beurteilt**



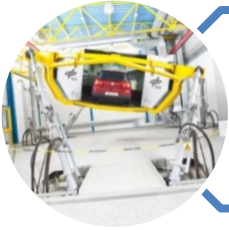


## Phase 2: Soll mein Auto so fahren wie ich? Ergebnis: Präferenz von Max Mustermann



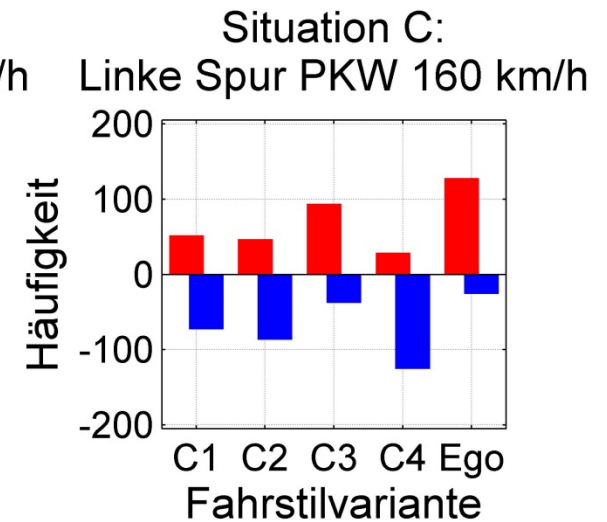
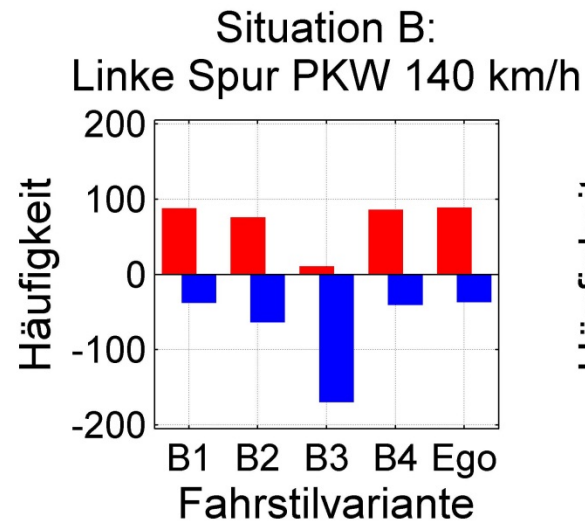
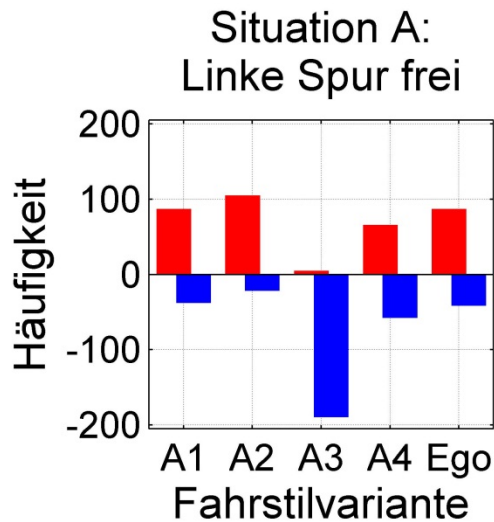
■ Beste Bewertung ■ Schlechteste Bewertung





## Phase 2: Soll mein Auto so fahren wie ich?

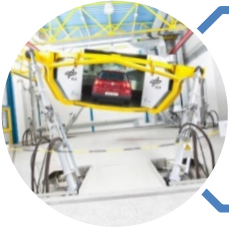
### Ergebnisse: Bewertung der einzelnen Varianten



■ Beste Bewertung ■ Schlechteste Bewertung

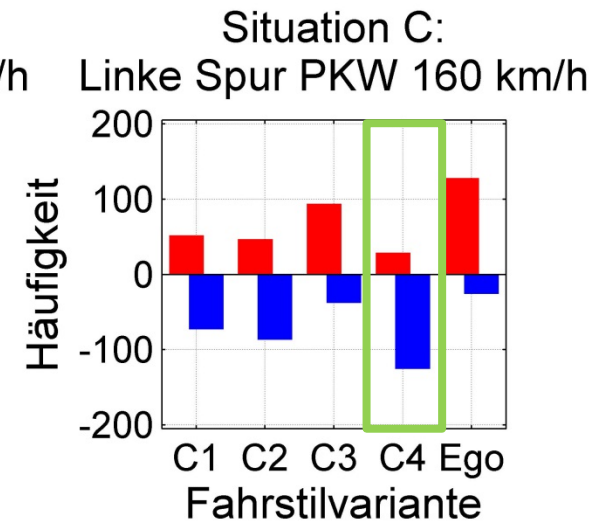
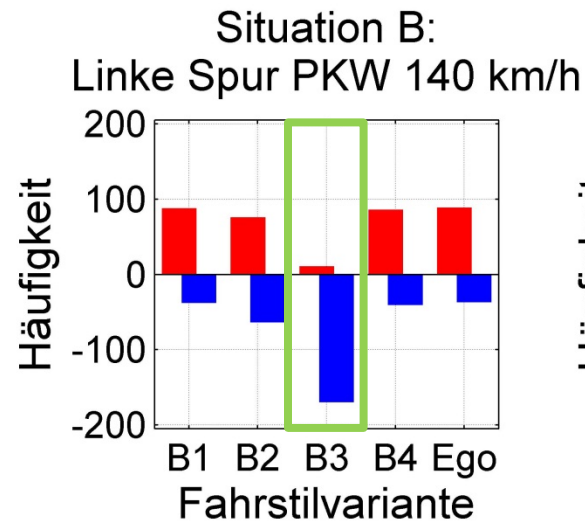
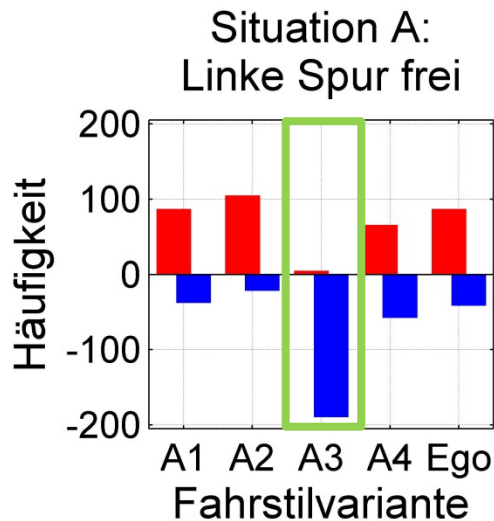
- Maximale Häufigkeit = 35 (Anzahl der VPs) x 6 (Häufigkeit der Variante) = 210





## Phase 2: Soll mein Auto so fahren wie ich?

### Ergebnisse: Bewertung der einzelnen Varianten



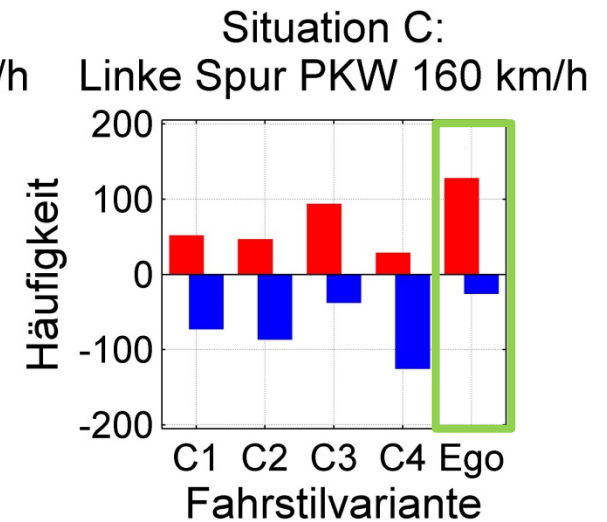
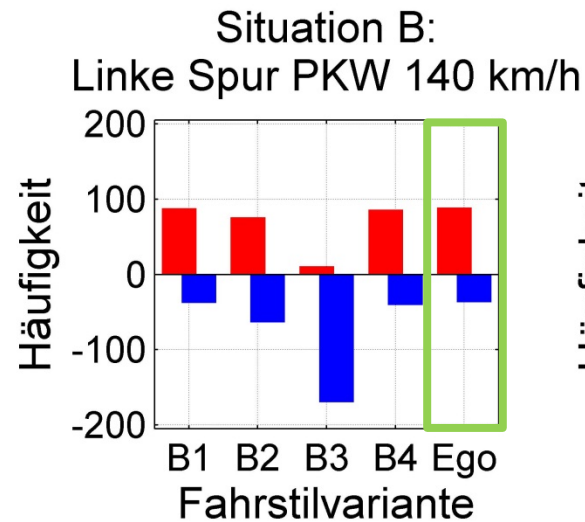
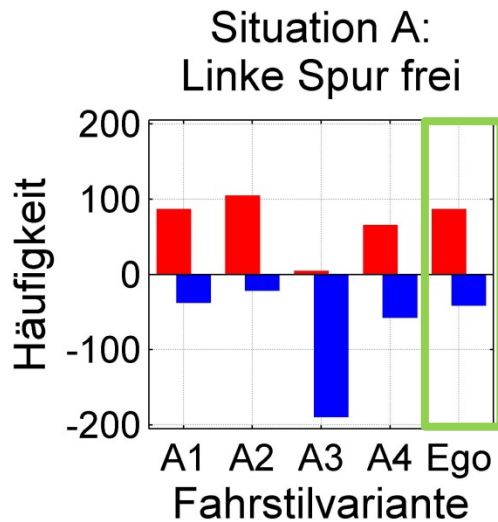
■ Beste Bewertung ■ Schlechteste Bewertung

- Pro Bedingung gibt es eine Variante, die signifikant schlechter bewertet wird als die Anderen
- Varianten mit höherer Querbeschleunigung und weniger Sicherheitsabstand





## Phase 2: Soll mein Auto so fahren wie ich? Ergebnisse: Bewertung der einzelnen Varianten



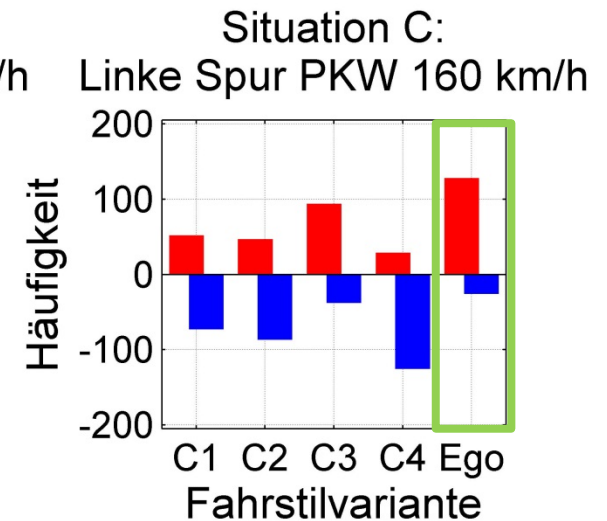
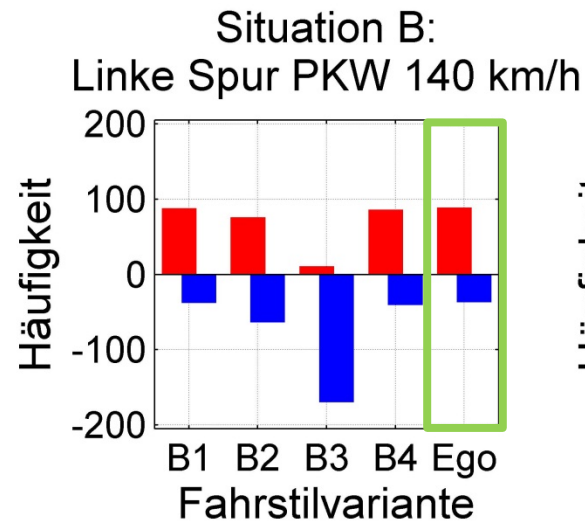
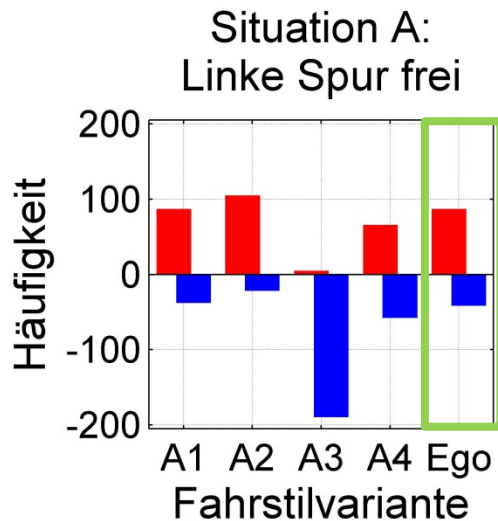
■ Beste Bewertung ■ Schlechteste Bewertung

- Probanden bewerten in allen drei Situationen ihren eigenen Fahrstil im Mittel als positiv
- Stärke der Präferenz abhängig von der Situation





## Phase 2: Soll mein Auto so fahren wie ich? Ergebnisse: Bewertung der einzelnen Varianten



■ Beste Bewertung ■ Schlechteste Bewertung

- **Zwischenfazit:** Mein automatisiertes Fahrzeug muss nicht zwangsläufig genauso fahren wie ich



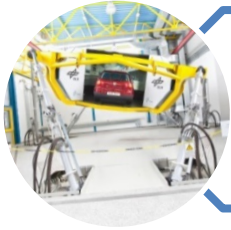




## **Phase 2: Soll mein Auto so fahren wie ich?** **Weitere Fragestellungen und Ergebnisse**

- 1. Soll mein automatisiertes Fahrzeug ähnlich fahren wie ich?**
- 2. Können wir die Präferenz anhand der manuellen Fahrdaten vorhersagen?**
- 3. Welchen Benefit hat eine fahreradaptive Variante im Vergleich zur Baseline?**

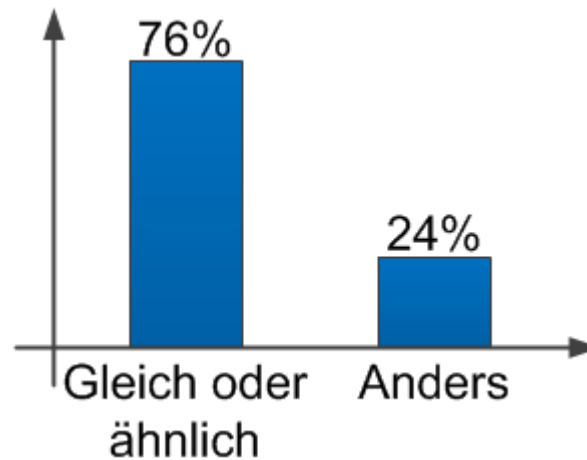


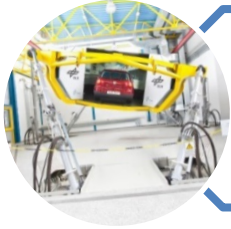


## Phase 2: Soll mein Auto so fahren wie ich? Weitere Fragestellungen und Ergebnisse

### 1. Soll mein automatisiertes Fahrzeug ähnlich fahren wie ich?

- Nutze Zuordnung der individuellen Fahrstile zu den Fahrstilcluster (Fahrstilclusterabhängige Auswertung)





## Phase 2: Soll mein Auto so fahren wie ich? Weitere Fragestellungen und Ergebnisse

2. Können wir die Präferenz anhand der manuellen Fahrdaten vorhersagen?
3. Welchen Benefit hat eine fahreradaptive Variante im Vergleich zur Baseline?

Zur Beantwortung der Forschungsfragen:

1. Nutze Standardmaße des Best-Worst-Scaling zur genaueren Analyse der Präferenzbewertung
2. Definiere Baseline und Fahreradaptivität





## Phase 2: Soll mein Auto so fahren wie ich? Weitere Fragestellungen und Ergebnisse

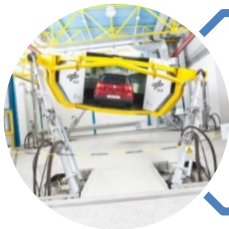
- Definition von Standardmaßen = Best-Worst-Scores (BWS)
  - Für Analyse Verwendung der normierten BWS „Best-Worst“
  - Definition: normierte „Best-Worst“

Häufigkeit Nennung beste Variante – Häufigkeit Nennung schlechteste Variante  
Häufigkeit wie oft Variante getestet wurde

- Beispiel: Max Mustermann bewertet Variante A2 2-mal als beste Variante und 1-mal als schlechteste Variante

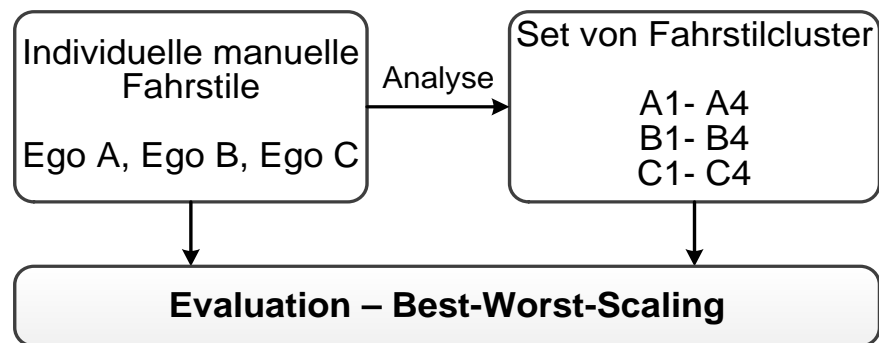
-> Normierte BWS „Best-Worst“ =  $(2-1)/6 = 1/6$





## Phase 2: Soll mein Auto so fahren wie ich? Weitere Fragestellungen und Ergebnisse

- Definition Fahreradaptiv:

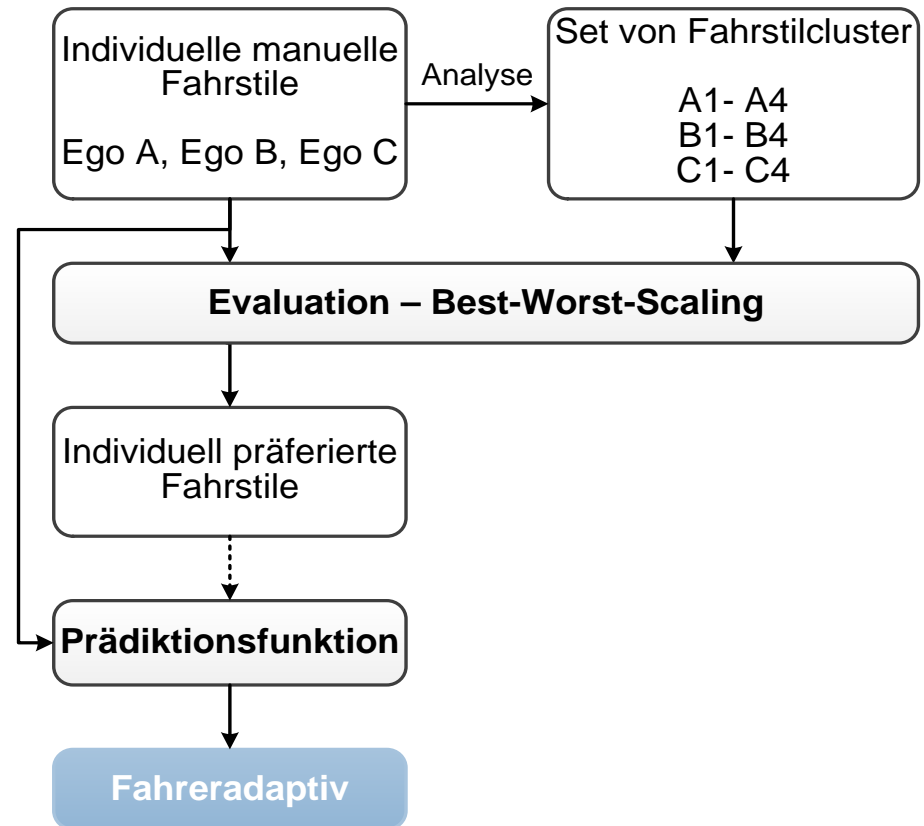




## Phase 2: Soll mein Auto so fahren wie ich? Weitere Fragestellungen und Ergebnisse

- Definition Fahreradaptiv:

Anpassung des Fahrstils basierend auf einer Prädiktionsfunktion, die anhand des manuellen Fahrstils den präferierten, automatisierten Fahrstil schätzt





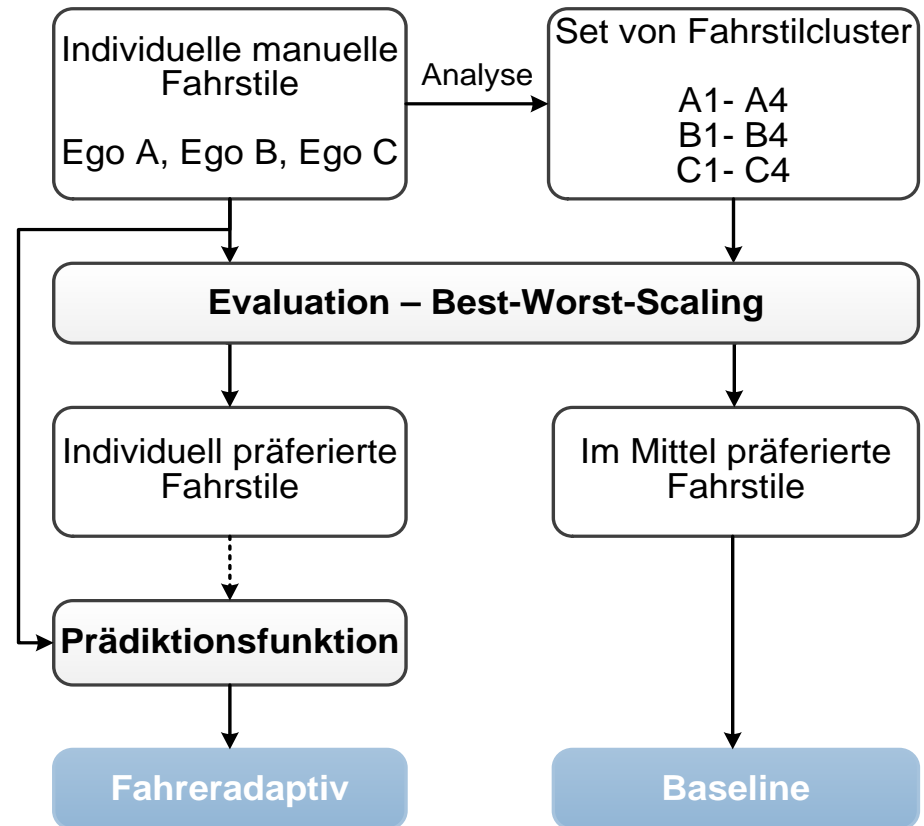
## Phase 2: Soll mein Auto so fahren wie ich? Weitere Fragestellungen und Ergebnisse

- Definition Fahreradaptiv:

Anpassung des Fahrstils basierend auf einer Prädiktionsfunktion, die anhand des manuellen Fahrstils den präferierten, automatisierten Fahrstil schätzt

- Definition Baseline:

Das im Mittel am besten bewertestete Fahrstilcluster für die jeweilige Situation





## Phase 2: Soll mein Auto so fahren wie ich? Weitere Fragestellungen und Ergebnisse

2. Können wir die Präferenz anhand der manuellen Fahrdaten vorhersagen?
3. Welchen Benefit hat eine fahreradaptive Variante im Vergleich zur Baseline?

	Baseline: Mittlere normierte „Best-Worst“	Fahreradaptiv: Mittlere normierte „Best-Worst“	Zuwachs
Situation A	0.41	0.48	17%
Situation B	0.23	0.40	74%
Situation C	0.23	0.48	110%



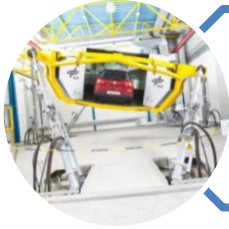




## Diskussion und Zusammenfassung der Ergebnisse

Soll mein Auto so fahren wie ich? – Welchen Fahrstil präferieren Fahrer für die Auslegung automatisierter Fahrzeugfunktionen?





## Diskussion und Zusammenfassung der Ergebnisse

Soll mein Auto so fahren wie ich **oder ähnlich**? – Welchen Fahrstil präferieren Fahrer für die Auslegung automatisierter Fahrzeugfunktionen?

- Mehrheit präferiert eine Automationsauslegung ähnlich zum eignen Fahrstil
- Zwei Einschränkungen:
  - Einige Probanden bevorzugen eine Automationsauslegung gegensätzlich zum eignen Fahrstil → Interaktion mit Automation notwendig
  - Probanden mit hoher Querbeschleunigung und geringen Sicherheitsabstand im manuellen Fahren präferieren eine Automationsauslegung mit geringerer Querbeschleunigung und größeren Sicherheitsabständen
- Fahreradaptive Variante besitzt höhere Präferenz, höheren Appeal als nicht fahreradaptive Baseline



# Ausblick



Weitere Studie:

- Untersuchung Gestaltung des Designs von HMI-Elementen zur Auswahl und Parametrierung vers. Fahrstile



- Integration in Realfahrzeug



# Vielen Dank!

David.Kaethner@dlr.de  
Stefan.Griesche@dlr.de

**Jens Grabowski**

Zitat: "Die Systeme übernehmen dann das Fahren in bestimmten Situationen (z. B. im Stau)"  
... oder mit 2,45 Promille. Sind doch schöne Aussichten. :-)

 2 | Melden

