

Testen von teilautomatisierten Fahrzeugen hinsichtlich ihrer Systemfunktionalität und Mensch-Maschine-Interaktion

Fahrlehrer- und Fahrschultagung | 6.-7. November 2024 | Schladming

Hatun Atasayar, BSc | KFV

Übersicht

1. Einführung
2. Über das Projekt
3. Phase 1 - im realen Verkehr
4. Phase 2 - auf dem Testareal
5. Ergebnisse



Neue Herausforderungen für Menschen

- Die Automatisierung der Fahraufgabe schreitet voran → der Mensch wird allmählich von der Verantwortung für die aktive Steuerung der fahrdynamischen Funktionen des Fahrzeugs entbunden.
- Abnehmende Beteiligung an der aktiven Durchführung der Fahraufgabe → höhere Kompetenzanforderungen.
- Solides Basiswissen & hohe Akzeptanz aller FAS → volle Nutzung der Unterstützung & Erhöhung der Verkehrssicherheit



Risikofaktoren SAE-Level 2

Risikofaktoren Automatisierungsstufe 2:

- Verlust von Routine
- Übermäßige Anforderungen
- Verringerung der Vigilanz / ermüdende Dauerüberwachung
- Mangelndes Situationsbewusstsein
- Übervertrauen oder Missbrauch der Systeme

Assistierter Modus



Automatisierter Modus



Autonomer Modus



Fahrer hat die Fahraufgabe inne
 Keine Fahraufgabe
 System ist aktiv. Je nach Modus unterstützen die Systeme oder übernehmen (zeitweise) die Fahraufgabe.

@BAST

Entscheidende Fragen

- Wie lässt sich diese Unterstützung so abstimmen, dass der Mensch nahtlos in die Überwachungsfunktion eingebunden wird, ohne dass er das Gefühl hat, das Fahrzeug habe die volle Kontrolle übernommen?
- Wie reagieren die Lenkende auf sicherheitskritische Situationen?
- Wie funktionieren die heutigen FAS auf Landstraßen und sind sie zuverlässig und sicher?

Lenkende

- Sind technisch und rechtlich voll verantwortlich
- dienen als sicherheitstechnische Rückfallebene

Projektdate

Auftraggeber:innen:



Auftragnehmer:innen:

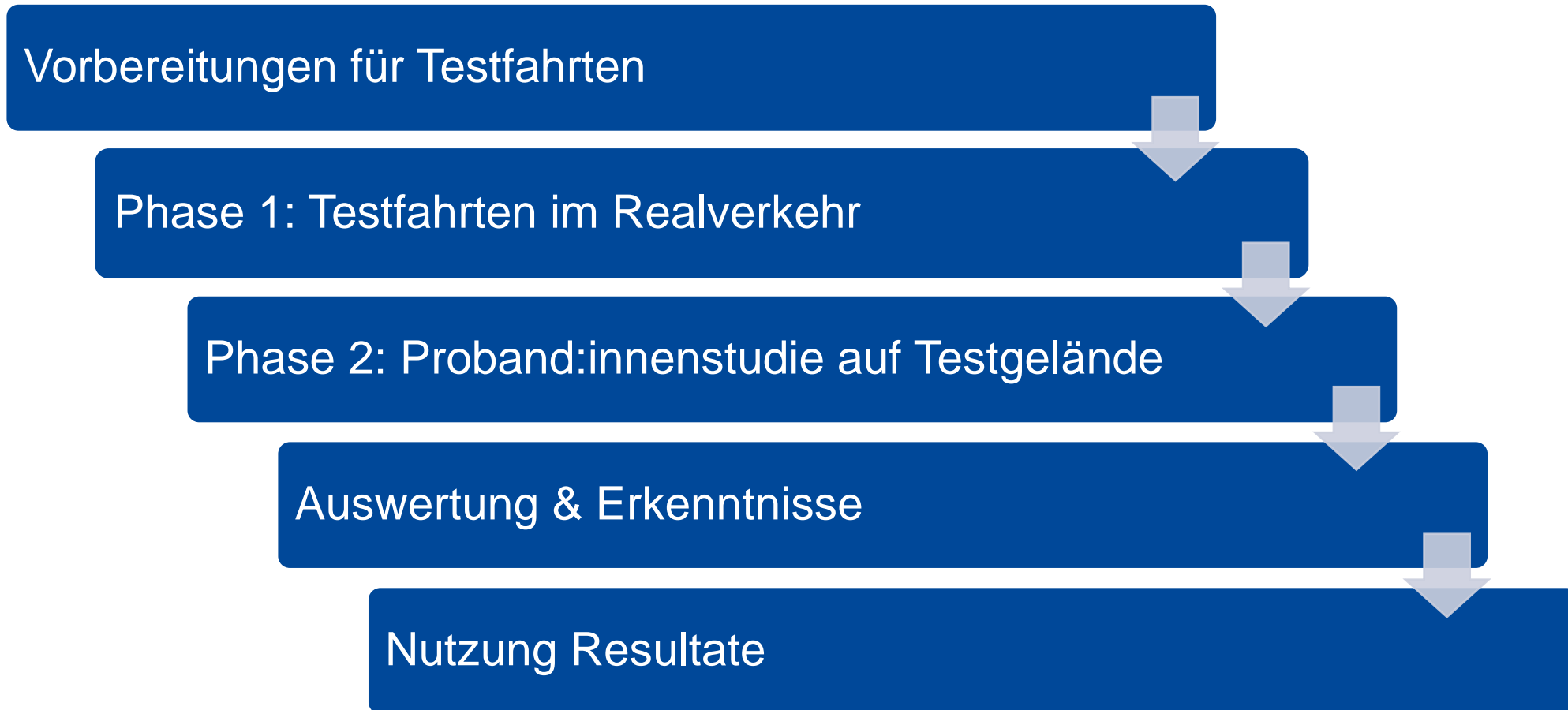


Forschungsfragen

Wie unterscheiden sich Fahrzeuge mit aktivierten SAE-L2-Systemen hinsichtlich ihrer Funktionalität auf Landstraßen und des Driver-Engagements?

Welche Empfehlungen lassen sich daraus für die erweiterte ODD Landstraße sowie für Gestaltungselemente der HMI und für die Methodik von standardisierten Testverfahren ableiten, um das Unfallrisiko durch und mit solchen Fahrzeugen zu minimieren?

Projektaufbau



Phase 1

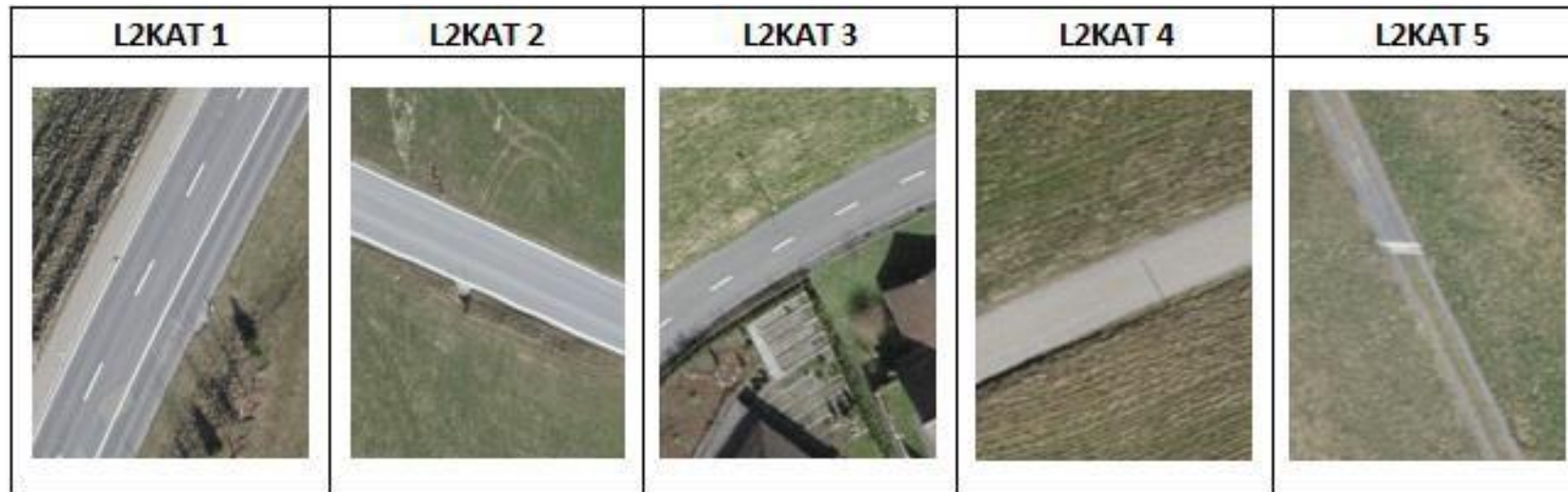
- Literaturrecherche und Entwicklung der Methodik für die Fahrversuche auf der Landstraße
- Detaillierte Testplanung, Durchführung und Testauswertung
- Fahrversuche auf der Landstraße mit erfahrenen Lenker:innen
- Vorschlag für geeignete Testszenarien für die Teststrecke (Phase 2)

Phase 2

- Aufbereitung der Teststrecke auf dem Testareal
- Rekrutierung der Teilnehmer:innen
- Detaillierte Planung der Testszenarien & Organisation, um die entsprechenden Rahmenbedingungen zu gewährleisten
- Fahrversuche auf der Teststrecke
- Auswertung der Ergebnisse

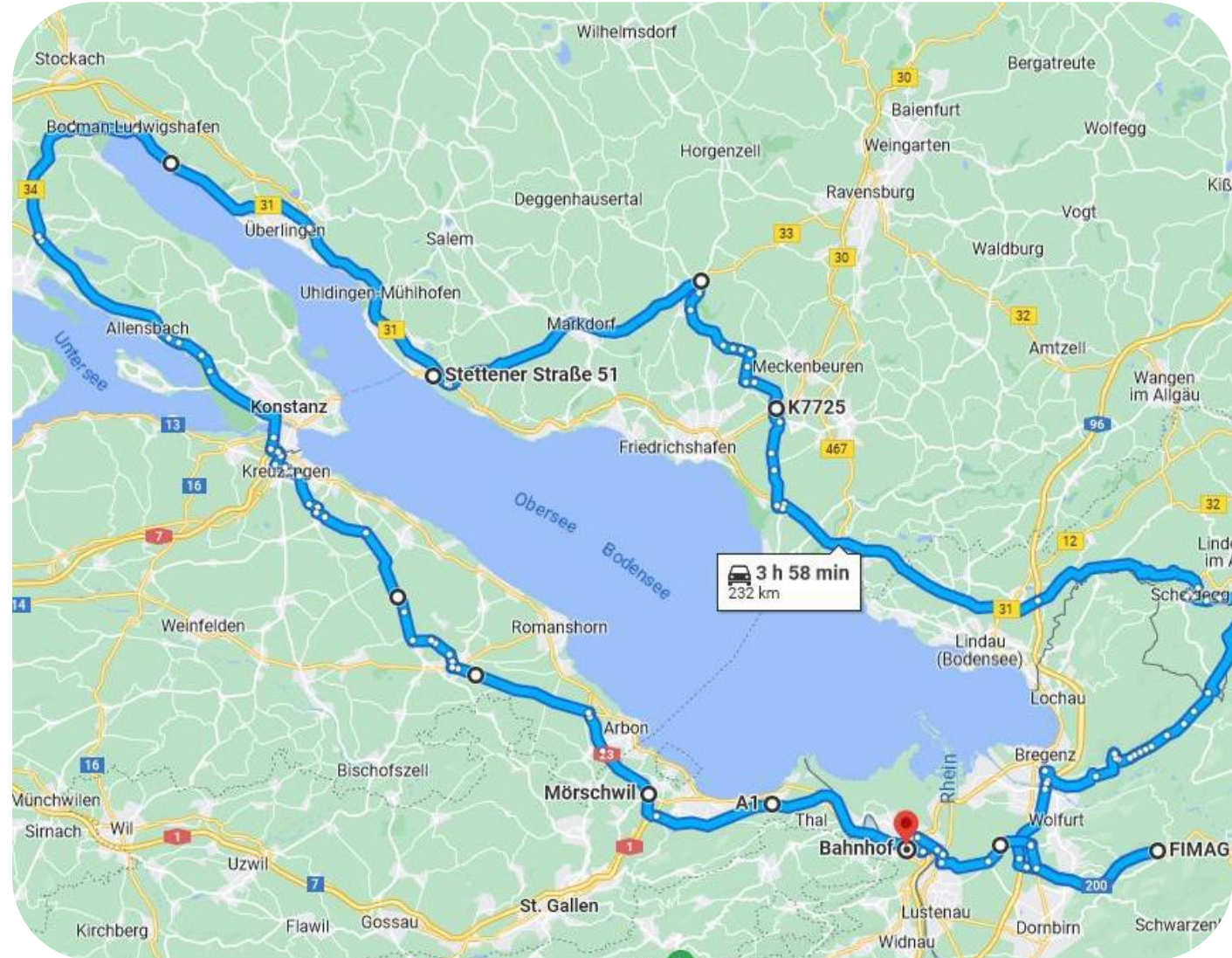
Phase1 – Testbedingungen

- Vorbereitung der Testfahrten auf der Landstraße
- Herausforderungen: unterschiedliche Straßenbedingungen auf Landstraßen – verschiedene Kategorien



Phase1 – Test setting

- Test track:
Dreiländereck AT, CH, DE
- Überwiegend Landstraßen (min. Geschwindigkeit: 60km/h)
- 2 erfahrene Lenker:innen



Phase 1: Fahrzeugauswahl

Anforderungen an die Auswahl:



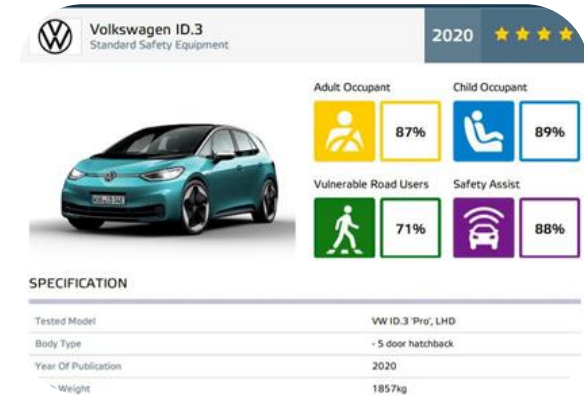
auf dem Markt erhältliche FAS mit fortschrittlichen L2-Funktionen



1 Volumenmodell, 1 Premiumsegment & 1 Vorreiter in der Technologie



Unterschiedliche Design und HMIs

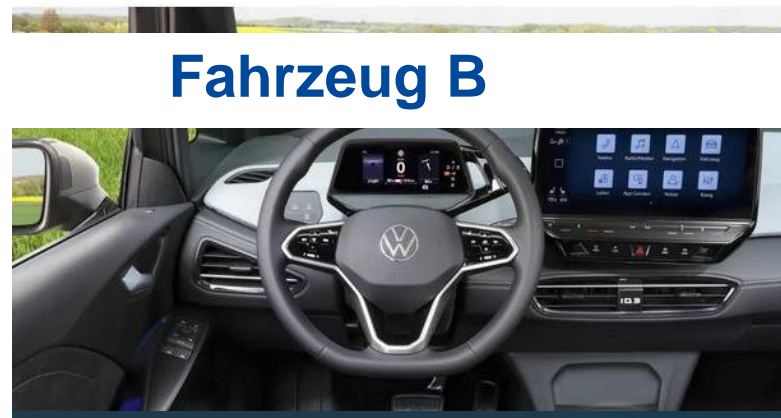


aktuelle EuroNCAP-Bewertung

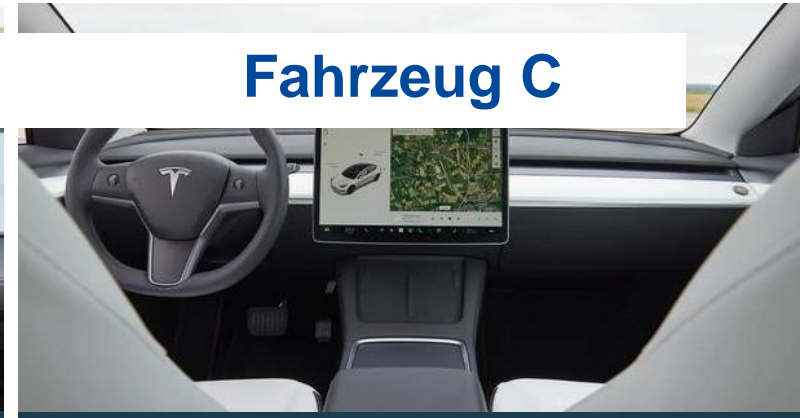
Phase 1 - Testfahrzeuge



Fahrzeug A



Fahrzeug B



Fahrzeug C

Mercedes-EQ EQS
Standard Safety Equipment

2021 ★★★★★

Volkswagen ID.3
Standard Safety Equipment

2020 ★★★★★

Tesla Model 3
Standard Safety Equipment

2019 ★★★★★



SPECIFICATION

Tested Model	Mercedes-EQ EQS 450+ 4x2 AMG Line, LHD
Body Type	- 5 door hatchback
Year Of Publication	2021
Kerb Weight	2480kg

SPECIFICATION

Tested Model	VW ID.3 'Pro', LHD
Body Type	- 5 door hatchback
Year Of Publication	2020
Kerb Weight	1857kg

SPECIFICATION

Tested Model	Tesla Model 3 Long Range RWD, LHD
Body Type	- 4 door saloon
Year Of Publication	2019
Kerb Weight	1760kg

Phase 1 – Testfahrten auf der Landstraße

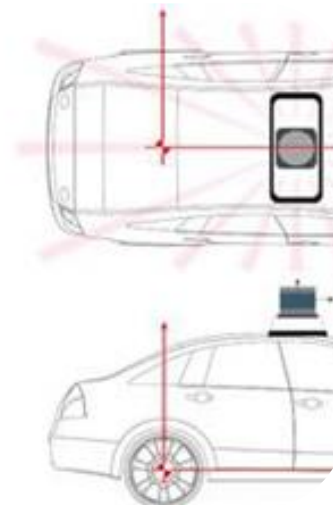
3 unterschiedliche in die Fahrzeuge installierte Messtechniken



Video-/Audio-Messtechnik



Dynamic ground truth system (DGT)



Eye tracking measurement system

Phase 1 – Testfahrten auf der Landstraße

3 unterschiedliche in die Fahrzeuge installierte Messtechniken



Fahrzeug A



Fahrzeug B







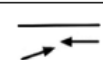
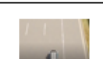
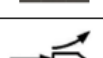




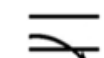





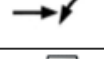

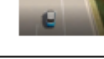
Fahrzeug C

Phase 1 - Ergebnisse

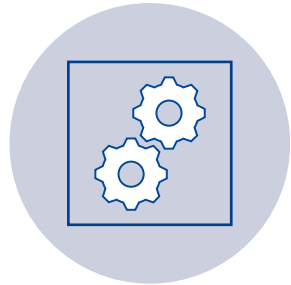
- Dauer der Fahrprüfungen: ~ 36 Stunden
- Länge der Teststrecke: 236 km
- 262 verkehrssicherheitskritische Ereignisse (139 auf Landstraßen)
- Einige Ereignisse und Systemausgaben waren selbst für erfahrene Fahrer manchmal unverständlich
- Häufigste Vorfälle:
 - Fahrspurhaltefunktionen (~40%)
 - Unzureichendes Bremsen und Beschleunigen sowie unzureichende Wahl der Geschwindigkeit vor Kurvenfahrten
 - Verkehrszeichenerkennung und der adaptive Tempomat (ACC)

Phase 1 – Ergebnisse Testszenarien

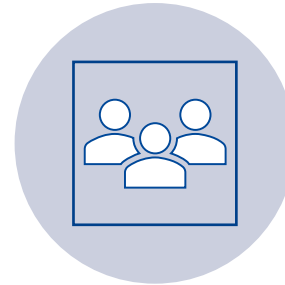
	<u>Grundszenario</u>	<u>Szenario ICON</u>	<u>Anzahl Trigger Situationen</u>	<u>Häufigkeit</u>	<u>Kritikalität</u>
H1	SameTrafficway/OppositeDirection Forward Impact-Head On Road Curve		24	17,3%	5,4
H2	Single Driver Left/Right Roadside Depart Road Curve		24	17,3%	4,7
H3	Speed Not Adapted to Road Features		19	13,7%	5,1
H4	Deceleration of System In A Trigger Event		12	8,6%	3,6
H5	Removal Speedlimit Not Detected, Set Speed To Low		12	8,6%	1,6
H6	Speed Limit Sign Not Detected, Change Of Set Speed To Late		10	7,2%	3,4
H7	SameTrafficway/OppositeDirection Forward Impact-Head On Road Straight		8	5,8%	3,6
H8	Free Travel Trigger Event, Overruling/Self Deactivation		6	4,3%	2,3
H9	Target Vehicle Leaves Traffic Way, Ego Vehicle Brakes Inappropriately		5	3,6%	2,8
H10	Car-To-Car Rear Stationary CCRs		3	2,2%	3,5

	<u>Grundszenario</u>	<u>Szenario ICON</u>	<u>Anzahl Trigger Situationen</u>	<u>Häufigkeit</u>	<u>Kritikalität</u>
H11	Ego Vehicle Accelerates Inappropriately		2	1,4%	5
H12	Single Driver Left/Right Roadside Depart Road Straight		2	1,4%	6,5
H13	Driver Demands Trigger Event During Car Following Situation		2	1,4%	4
H14	Cut-In No Collision		2	1,4%	5,5
H15	Stop+Go		2	1,4%	1,5
H16	Pedal Cyclist As An Obstacle		2	1,4%	-
H17	Change Trafficway/Vehicle Turning Turn across Path OppositeDirection		1	0,7%	8
H18	Red Light Recognition Fail		1	0,7%	-
H19	Static Pederstrian Target		1	0,7%	7
H20	Lane Change Event (Freiland)		1	0,7%	4

Phase 2 – Inhalt



Planung, Durchführung und Auswertung der Landstraßentestfahrten auf einer geeigneten Teststrecke



Vorbereitung der Teststrecke, Rekrutierung der Freiwilligen und Erstellung eines detaillierten Testplans



Fahrversuche auf der Teststrecke: Erprobung der in der Phase 1 entwickelten Testszenarien -> Überprüfung der Anwendbarkeit






Auswertung der Ergebnisse

Phase 2: Testgelände

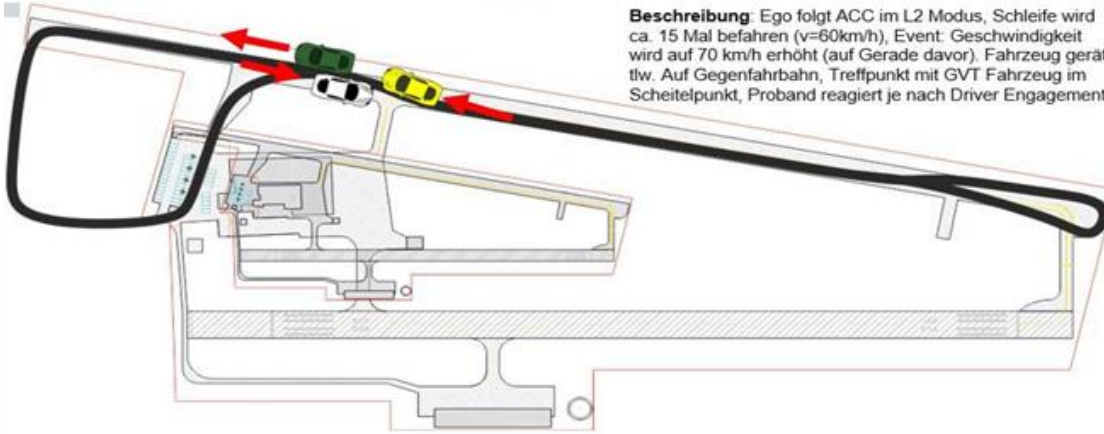


Phase 2: Testszenarien

Szenario 1: Lane Departure in curve / oncoming traffic

-  Ego Fahrzeug, Proband
-  ACC Vorausfahrzeug, Testfahrer
-  GVT Targetfahrzeug oder Radfahrer, UFO Plattform



Beschreibung: Ego folgt ACC im L2 Modus, Schleife wird ca. 15 Mal befahren (v=60km/h), Event: Geschwindigkeit wird auf 70 km/h erhöht (auf Gerade davor). Fahrzeug gerät tlw. Auf Gegenfahrbahn, Treffpunkt mit GVT Fahrzeug im Scheitelpunkt, Proband reagiert je nach Driver Engagement.



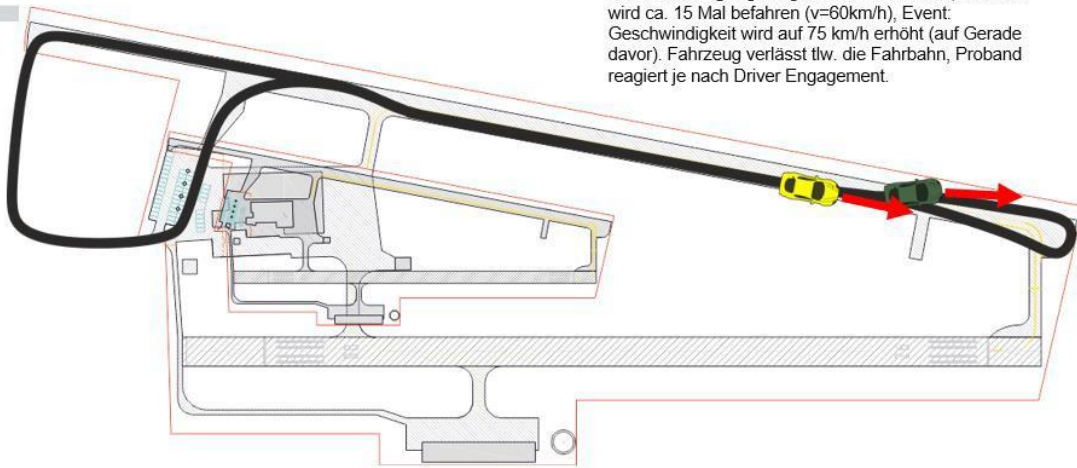
Phase 2: Testszenarien

FTG

Szenario 2: Lane Departure in curve

-  Ego Fahrzeug, Proband
-  ACC Vorausfahrzeug, Testfahrer

Beschreibung: Ego folgt ACC im L2 Modus, Schleife wird ca. 15 Mal befahren (v=60km/h), Event: Geschwindigkeit wird auf 75 km/h erhöht (auf Gerade davor). Fahrzeug verlässt tlw. die Fahrbahn, Proband reagiert je nach Driver Engagement.

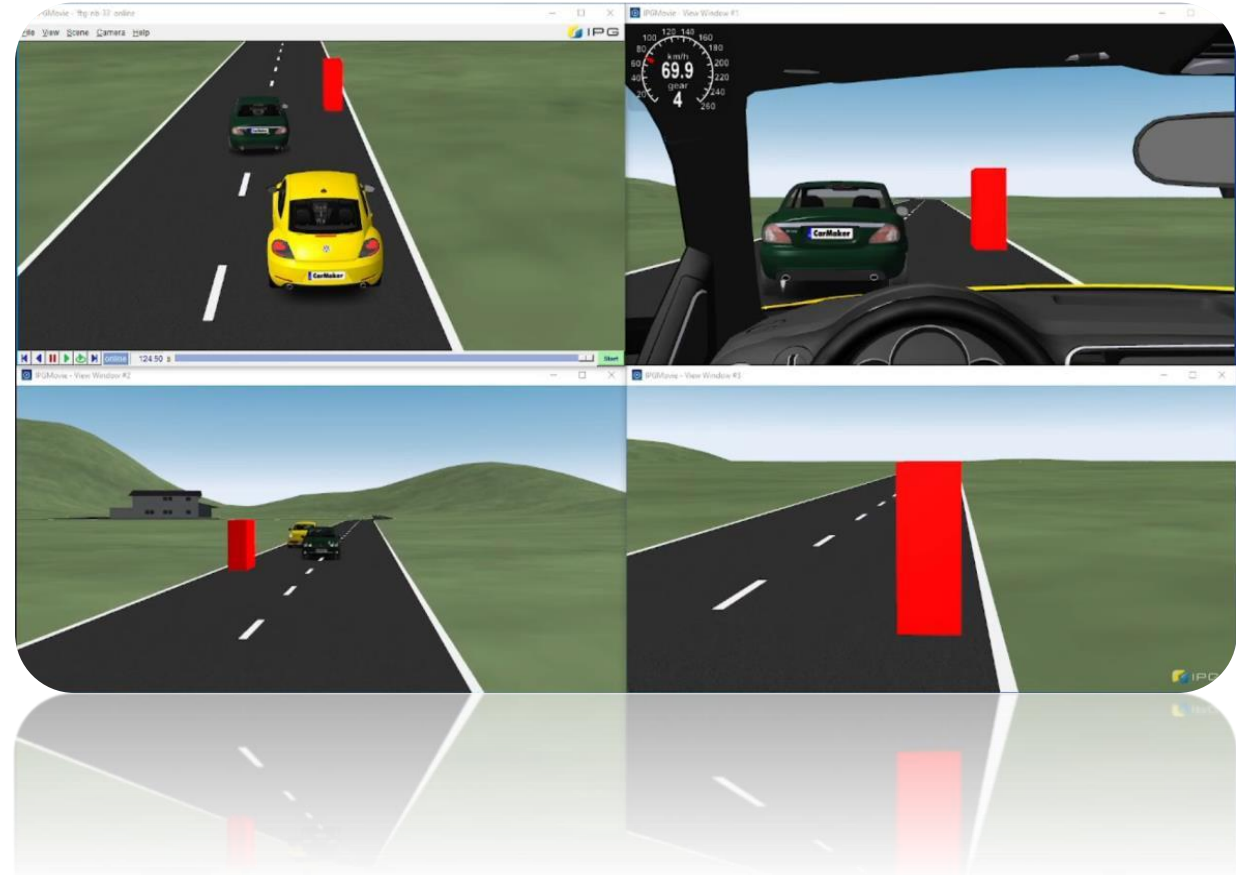


Phase 2: Testszenarien

Szenario 3: Cut out before VRU

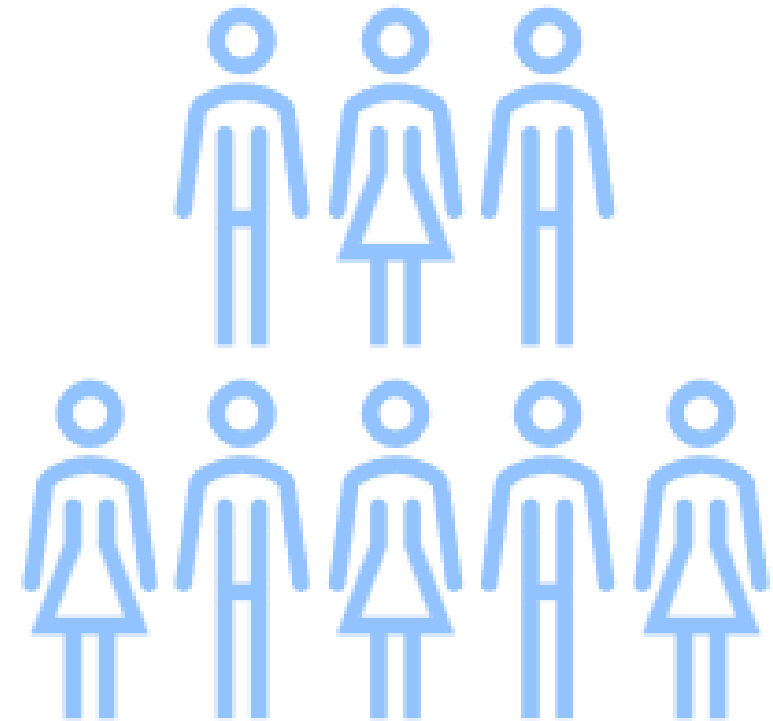
Beschreibung: Ego folgt ACC im L2 Modus, Schleife wird ca. 15 Mal befahren ($v=70\text{km/h}$), Event: Fahrrad fährt auf Fahrbahn, ACC Fahrzeug reagiert im letzten Moment. Proband reagiert je nach Driver Engagement.

- Ego Fahrzeug, Proband
- ACC Vorausfahrzeug, Testfahrer
- Fahrrad Target, UFO Plattform



Phase 2: Proband:innen

- **Stichprobengröße: n=24**
- **Geschlecht: männlich = 18 weiblich = 6**
- **Alter:**
 - **>=35: 4**
 - **36-55: 9**
 - **< 55: 11**
- **Die durchschnittliche Kilometerleistung/Jahr: 10.000km - 20.000 km**
- **Erfahrung mit SAE L2-Systemen vor den Testfahrten: n= 19**



Phase 2: Bewertung

- Fragebögen
- Beobachtung durch Psycholog:innen
- Bewertung durch Psycholog:in -> Aktivierung der L2-Funktionen
- Bewertung durch Psycholog:in -> Bewältigung der Testsituation

Szenario		1_Aktivierung_a (Quer- und Längs)				Instruktion: Bitte aktivieren Sie das komplette System, d.h. die Längs- und die Querführung	
S.A.D.E. ist aktiv / Szenario-ID 11	Bedienprobleme	nichts bemerkt	unsicher/verzögert	unangemessen			
		0	1	0			
	Fahrzeugführung	Bedienfehler	Hilfestellung nötig				1. Wie klar war Ihnen, was zu tun ist?
		1	0				? -3 -2 X 0 1 2 3
	Monitoring	keine Reaktion	verzögert	zu starke Reaktion	Spurabkommen		2. Wie nachvollziehbar war das Systemverhalten?
		0	0	0	0	X	-3 -2 -1 0 1 2 3
	Monitoring	schlechte Spurhaltung	unzur. gesichert	Gefährdung	Kollision		3. Wie verständlich waren die Systemausgaben?
		0	0	0	0	X	-3 -2 -1 0 1 2 3
	Monitoring	unsicher, Hände dran	nicht aufmerksam	Handsoff-Warnung	Stufe HO-Warnung		4. Wie sicher fühlen Sie sich beim Fahren mit dem System?
		0	0	0		X	-3 -2 -1 0 1 2 3
VL-Rating Bewältigung Szenario						5. Wie kritisch war die Situation?	
? 0 1 2 3 X 5 6 7 8 9 10						X 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	

Bild 3-4: Tablet-Benutzeroberfläche mit Beobachtungs- und Befragungsvariablen (Quelle: WIWV GmbH)

PHASE 2 – Bewertung

2 Fragebögen:

1. Vorläufiger Fragebogen: Beschreibung der Stichprobe

- Geschlecht, Alter, Jahreskilometerleistung und allgemeine Erfahrung etc.

2. Subjektiver Fragebogen/ Bewertung der Testszenarien:

- Wie klar war Ihnen, was Sie in der Situation tun sollten?
- Wie verständlich war das Systemverhalten in der Situation?
- Wie verständlich waren die Systemausgaben in der Situation?
- Wie sicher haben Sie sich in dieser Situation gefühlt?
- Kritikalität → Wie kritisch war die Situation für Sie?



PHASE 2 – Ergebnisse

Stichprobengröße: Männer (N=18) Frauen (N=6)

- Geschlecht → Frauen schneiden bei der Aktivierung der Systeme etwas schlechter ab als Männer → Bewältigung kann als gut bewertet werden.

Stichprobengröße: Erfahrung mit FAS: Ja: n=19; Nein: n=5

- Kenntnisse/Erfahrung mit FAS -> Ja: TN schneiden besser ab als jene ohne Kenntnisse/Erfahrung mit FAS
- In Bezug auf Aktivierung der Systeme und Handhabung: ähnliche Leistung von TN mit und ohne Kenntnisse/Erfahrung mit FAS in allen Testszenarien

Alle 3 Fahrzeuge wurden von den Teilnehmern ähnlich bewertet → Klarheit, Verständlichkeit, Verstehbarkeit...

Hauptprobleme der Systeme: Verlassen der Fahrspur, verzögerte oder unzureichende/keine Reaktion

Szenario 3 (Ausschneiden vor VRU) war das schwierigste Szenario für die Teilnehmer:innen

Projektergebnisse

- Level-2-Systeme sollten nur auf gut ausgebauten und wenig kurvigen Landstraßen mit hochwertigen Straßenmarkierungen genutzt werden
- die Systeme der unterschiedlichen Fahrzeuge binden ihre Lenkenden auf unterschiedliche Art und Weise in die Durchführung der Fahraufgabe ein
- die Mensch-Fahrzeug-Schnittstellen und Einbindungskonzepte der L2 Funktion sollten über alle Fahrzeughersteller hinweg vereinheitlicht werden
- es wäre sinnvoll, die Hände-am-Steuer-Überwachung mit einer Fahrerzustandsüberwachung (im Sinne von Augen auf der Straße, gegen ablenkende Tätigkeiten oder Ermüdung) zu kombinieren
- die Einbindung der Lenkenden sollte z.B. mit einer nur leichten Lenkunterstützung während der Fahrt aufrechterhalten werden, damit sie stets aufmerksam bleiben

Video



Vielen Dank!



Hatun.Atasayar@kfv.at