



## Deliverable D13.2

### Test- und Versuchsspezifikation

Version	1.1
Verbreitung	Öffentlich
Projektkoordination	Daimler AG
Versionsdatum	12.04.2010



sim<sup>TD</sup> wird gefördert und unterstützt durch

**Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie**  
**Bundesministerium für Bildung und Forschung**  
**Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung**

Dieses Dokument wurde erstellt von den Firmen T-Systems GEI GmbH und Ford Forschungszentrum.

Beiträge wurden verfasst von (in alphabetischer Reihenfolge)

Silja Assenmacher – TUM VT  
Thomas Baum - HTW  
Robert Braun – TUM VT  
Susanne Buld – IZVW  
Justin Geistefeldt – HLSV  
Arno Hinsberger – HTW  
Frank Hofmann – Robert Bosch GmbH  
Benjamin Kentsch – HLSV  
Andreas Kreutzer – Ford  
Thomas May – Robert Bosch GmbH  
Marc Menzel – Continental  
Dominik Mühlbacher – IZVW  
Christian Müller – DFKI  
Jürgen Müller – Deutsche Telekom Laboratories  
Julia I. Müller – TUM VT  
Birgit Peetz – T-Systems GEI GmbH  
Sighard Schräbler – Continental  
Jan Peter Stotz – Fraunhofer-Institut für Sichere Informationstechnologie SIT  
Daniela Thum – Audi  
Ingo Totzke – IZVW  
Peter Vogel – Robert Bosch GmbH  
Peter Zahn – BMW Group Forschung und Technik

#### Projektkoordination

Dr. Christian Weiß  
Daimler AG  
HPC 050 – G021  
71059 Sindelfingen  
Germany

Telefon        +49 7031 4389 550  
Fax            +49 7031 4389 210  
E-mail        [christian.a.weiss@daimler.com](mailto:christian.a.weiss@daimler.com)

Das sim<sup>TD</sup> Konsortium übernimmt keinerlei Haftung in Bezug auf die veröffentlichten Deliverables. Änderungen sind ohne Ankündigung möglich. © Copyright 2010 sim<sup>TD</sup> Konsortium

The sim<sup>TD</sup> consortium will not be liable for any use of the published deliverables. Contents are subject to change without notice. © Copyright 2010 sim<sup>TD</sup> consortium

## Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung.....	1
English summary.....	3
1 Einleitung.....	5
1.1 Überblick über dieses Dokument .....	5
1.1.1 Zielsetzung .....	5
1.1.2 Test- und Versuchsfälle .....	5
1.1.3 Tragende Systemsäulen .....	6
1.1.4 Diagnosewerkzeuge.....	6
1.2 Einbettung in das Projekt sim <sup>TD</sup> .....	7
1.3 Validierungsziele als Basis.....	7
1.4 Erläuterungen zu Test- und Versuchsfällen .....	8
1.4.1 Gesamtsystem .....	8
1.4.2 Funktionen .....	9
1.4.3 Anwendungsfälle.....	9
1.5 Abgrenzung.....	10
2 Technische Test- und Versuchsfälle .....	12
2.1 Technische Tests und Versuche des Gesamtsystems .....	20
2.1.1 Ausstattung mit ITS Roadside Stations.....	20
2.1.2 Ausstattung mit ITS Vehicle Stations .....	21
2.1.3 Kommunikationsversuche .....	27
2.1.4 IT-Sicherheit.....	30
2.1.5 Bessere Ortung .....	32
2.1.6 Zusammenfassung Gesamtsystem.....	33
2.2 Technische Tests und Versuche der Funktionen.....	34
2.2.1 Allgemeines Vorgehen zur Spezifikation von Tests und technischen Versuchen .....	35
2.2.2 Auswahl der funktionsübergreifenden Validierungsziele.....	36
2.2.3 Qualitätssicherung und Konsistenzcheck technischer Tests und Versuche .....	40
2.2.4 Ergebnis der Spezifikation technischer Tests und Versuche .....	41
2.2.5 Zusammenfassung technische Tests und Versuche der Funktionen.....	61
2.3 Zuordnung zu den Bewertungskriterien aus TP5.....	67
3 Nicht-technische Test- und Versuchsfälle .....	68
3.1 Erweiterte Versuchsmatrix für nicht-technische Fragestellungen .....	68
3.1.1 Konzeption einer Erweiterten Versuchsmatrix .....	68

3.1.2	Erweiterte Versuchsmatrix .....	73
3.2	Zusammenspiel Versuchsumgebungen .....	77
3.2.1	Ziele der nicht-technischen Versuche .....	77
3.2.2	Charakteristik der einzelnen Versuchsumgebungen .....	79
3.2.3	Mehrwert durch das Zusammenspiel der Versuchsumgebungen .....	82
3.3	Natürliche vs. künstliche Variation von Ereignissen .....	84
3.3.1	Grundlegende Ansätze von Versuchsanordnungen .....	84
3.3.2	Experimentelle Versuchsanordnungen .....	84
3.3.3	Epidemiologische Versuchsanordnungen .....	87
3.3.4	Bedeutung für Versuchsumgebungen .....	88
3.4	"Prüfkonzept 0.1" .....	89
3.5	Versuchsfälle .....	90
3.5.1	Vorgehen .....	90
3.5.2	Konzeption der nicht-technischen Versuchsfälle am Beispiel A_2.1.2.1 „Warnung vor Stauende“ .....	91
4	Tragende Säulen .....	110
5	Diagnosetools .....	115
5.1	IRS-AU .....	115
5.1.1	Anwendung .....	115
5.1.2	Validierungsziele .....	115
5.1.3	Testszenarien .....	116
5.1.4	Konzept .....	116
5.2	V-AU .....	117
5.2.1	Überblick .....	117
5.2.2	Lokale Diagnose .....	118
5.2.3	Ferndiagnose und -wartung .....	119
5.3	CCU .....	119
6	Resultate .....	123
	Literaturverzeichnis .....	125
	Abkürzungen .....	126
	Synonyme bezüglich der Flotten .....	127
	Glossar .....	128

## Abbildungen

Abbildung 1: Erläuterung des Unterschieds zwischen Fahr- und Verkehrseffizienz bzw. Fahr- und Verkehrssicherheit an einem <b>fiktiven</b> Beispiel (die Zahlen könnten beispielsweise die jeweilige mittlere Reisezeit oder die jeweilige maximale Geschwindigkeit sein).....	71
Abbildung 2: Inner- und außerstädtische Teile des sim <sup>TD</sup> -Versuchsgebiets .....	72
Abbildung 3: Zusammenspiel zwischen Versuchsszenario, Prüfung der technischen Funktionalität und Wirkungsermittlung und der Einfluss unterschiedlicher Randbedingungen.....	78
Abbildung 4: Versuchsszenario „Warnung vor dem Stauende“ grün: sim <sup>TD</sup> Fahrzeuge und hell- und dunkelblau: nicht sim <sup>TD</sup> Fahrzeuge.....	78
Abbildung 5: Zusammenspiel der Versuchsumgebungen.....	83
Abbildung 6: Systemübersicht.....	111
Abbildung 7: Zusammenspiel der Diagnosetools.....	117
Abbildung 8: Blockschaltbild der CCU .....	120

## Tabellen

Tabelle 1:	Technisches Test- und Versuchsfall-Template .....	13
Tabelle 2:	ID-Vergabe Gesamtsystem .....	19
Tabelle 3:	ID-Vergabe Funktionen .....	19
Tabelle 4:	Technische Tests und Versuche zur Ausstattung mit IRS .....	20
Tabelle 5:	Übersicht Validierungsziele zur Ausstattung mit IVS .....	21
Tabelle 6:	Technische Tests und Versuche zur Ausstattung mit IVS .....	23
Tabelle 7:	Übersicht Zurückweisung Ausstattung mit IVS TVZ_UE21 .....	24
Tabelle 8:	Versuche und Tests zur WLAN-Kommunikation .....	28
Tabelle 9:	Versuche und Tests zur Mobilfunk-Kommunikation .....	29
Tabelle 10:	Versuche und Tests zum Geocast-Server .....	29
Tabelle 11:	Zurückweisung WLAN-Kommunikation .....	30
Tabelle 12:	Zurückweisung Mobilfunkkommunikation .....	30
Tabelle 13:	Technische Versuche und Tests zur IT-Sicherheit .....	31
Tabelle 14:	Technische Versuche und Tests zur Besseren Ortung .....	32
Tabelle 15:	Zusammenfassung technische Tests und Versuche des Gesamtsystems .....	33
Tabelle 16:	Übersicht der funktionsübergreifend formulierten VZ als Basis der Testspezifikation .....	37
Tabelle 17:	Ergebnis funktionsspezifische Tests und Versuche in Abhängigkeit der Basis-VZ .....	41
Tabelle 18:	Kommunikationslasttests (KLT) .....	42
Tabelle 19:	Funktionsspezifische Tests F_112 .....	42
Tabelle 20:	Funktionsspezifische Tests F_113 .....	44
Tabelle 21:	Zurückweisung F_113 .....	44
Tabelle 22:	Funktionsspezifische Tests F_114 .....	44
Tabelle 23:	Zurückweisung F_114 .....	44
Tabelle 24:	Funktionsspezifische Tests F_121 .....	44
Tabelle 25:	Zurückweisung F_121 .....	45
Tabelle 26:	Funktionsspezifische Tests F_122 .....	45
Tabelle 27:	Funktionsspezifische Tests F_123 .....	45
Tabelle 28:	Zurückweisung F_123 .....	46
Tabelle 29:	Funktionsspezifische Tests F_131 .....	46
Tabelle 30:	Zurückweisung F_131 .....	46
Tabelle 31:	Funktionsspezifische Tests F_132 .....	46
Tabelle 32:	Zurückweisung F_132 .....	47

Tabelle 33:	Funktionsspezifische Tests F_133 .....	47
Tabelle 34:	Zurückweisung F_133 .....	47
Tabelle 35:	Funktionsspezifische Tests F_211 .....	48
Tabelle 36:	Zurückweisung F_211 .....	48
Tabelle 37:	Funktionsspezifische Tests F_212 .....	48
Tabelle 38:	Zurückweisung F_212 .....	49
Tabelle 39:	Funktionsspezifische Tests F_213 .....	49
Tabelle 40:	Zurückweisung F_213 .....	49
Tabelle 41:	Funktionsspezifische Tests F_214 .....	50
Tabelle 42:	Zurückweisung F_214 .....	50
Tabelle 43:	Funktionsspezifische Tests F_221 .....	50
Tabelle 44:	Zurückweisung F_221 .....	51
Tabelle 45:	Funktionsspezifische Tests F_222 .....	51
Tabelle 46:	Zurückweisung F_222 .....	51
Tabelle 47:	Funktionsspezifische Tests F_223 .....	52
Tabelle 48:	Zurückweisung F_223 .....	52
Tabelle 49:	Funktionsspezifische Tests F_224 .....	52
Tabelle 50:	Zurückweisung F_224 .....	53
Tabelle 51:	Funktionsspezifische Tests F_311 .....	54
Tabelle 52:	Zurückweisung F_311 .....	54
Tabelle 53:	Funktionsspezifische Tests F_312 .....	55
Tabelle 54:	Zurückweisung F_312 .....	55
Tabelle 55:	Ergebnis funktionsübergreifende Tests und Versuche .....	56
Tabelle 56:	Tests TVZ_UE1 Ordnungsmäßigkeit .....	57
Tabelle 57:	Zurückweisung TVZ_UE1 Ordnungsmäßigkeit .....	57
Tabelle 58:	Tests TVZ_UE4 Reife .....	57
Tabelle 59:	Zurückweisung TVZ_UE4 Reife .....	58
Tabelle 60:	Tests TVZ_UE6 Wiederherstellbarkeit .....	58
Tabelle 61:	Zurückweisung TVZ_UE6 Wiederherstellbarkeit .....	59
Tabelle 62:	Tests TVZ_UE18 Richtigkeit .....	59
Tabelle 63:	Zurückweisung TVZ_UE18 Richtigkeit .....	60
Tabelle 64:	Tests TVZ_UE22 Stabilität .....	60
Tabelle 65:	Zurückweisung TVZ_UE22 Stabilität .....	60
Tabelle 66:	Tests TVZ_UE30 Skalierbarkeit .....	61
Tabelle 67:	Zurückweisung TVZ_UE30 Skalierbarkeit .....	61
Tabelle 68:	Zusammenfassung funktionsspezifische Tests und Versuche .....	63

Tabelle 69:	Zusammenfassung funktionsübergreifende Tests und Versuche .....	66
Tabelle 70:	Erweiterte Versuchsmatrix mit den Dimensionen „Nicht-technische Fragestellungen in sim <sup>TD</sup> “ und „Versuchsumgebungen für nicht-technische Ziele“ .....	74
Tabelle 71:	Auflistung der Anwendungsfälle in Abhängigkeit der nicht-technischen Fragestellung und Versuchsumgebung. ....	75
Tabelle 72:	Experimentelle und epidemiologische Versuchsanordnungen in den verschiedenen Versuchsumgebungen(Übersicht). ....	89
Tabelle 73:	Übersicht über an einem Versuchsfall mögliche beteiligte Fahrer- bzw. Fahrzeuggruppen.....	91
Tabelle 74:	Bedeutung der Komponenten, die für die Benennung der ID der nicht-technischen Versuchsfälle verwendet werden .....	93
Tabelle 75:	Beschreibung des Anwendungsfalls A_2.1.2.1 „Warnung vor Stauende“ .....	94
Tabelle 76:	Beschreibung des Versuchsfalls N_A_2.1.2.1_IF01 .....	94
Tabelle 77:	Verkehrliche und technische Randbedingungen für N_A_2.1.2.1_IF01 .....	98
Tabelle 78:	Adressierte Validierungsziele der Nutzerakzeptanz für den Versuchsfall N_A_2.1.2.1_IF01 .....	99
Tabelle 79:	Adressierte Validierungsziele der Fahreffizienz für den Versuchsfall N_A_2.1.2.1_IF01 .....	99
Tabelle 80:	Adressierte Validierungsziele der Verkehrseffizienz für den Versuchsfall N_A_2.1.2.1_IF01 .....	99
Tabelle 81:	Adressierte Validierungsziele der Fahrsicherheit für den Versuchsfall N_A_2.1.2.1_IF01 .....	99
Tabelle 82:	Adressierte Validierungsziele der Verkehrssicherheit für den Versuchsfall N_A_2.1.2.1_IF01 .....	100
Tabelle 83:	Messgrößen für den Versuchsfall N_A_2.1.2.1_IF01 .....	100
Tabelle 84:	Beschreibung des Versuchsfalls N_A_2.1.2.1_EF01 .....	101
Tabelle 85:	Beschreibung des Versuchsfalls A_2.1.2.1_ntV_1_FS01.....	102
Tabelle 86:	Verkehrliche und technische Randbedingungen des Versuchsfalls N_A_2.1.2.1_ntV_1_FS01 .....	103
Tabelle 87:	Adressierte Validierungsziele der Nutzerakzeptanz für den Versuchsfall A_2.1.2.1_ntV_1_FS01.....	104
Tabelle 88:	Adressierte Validierungsziele der Fahreffizienz für den Versuchsfall N_A_2.1.2.1_ntV_1_FS01 .....	104
Tabelle 89:	Adressierte Validierungsziele der Verkehrseffizienz für den Versuchsfall N_A_2.1.2.1_ntV_1_FS01 .....	104
Tabelle 90:	Adressierte Validierungsziele der Fahrsicherheit für den Versuchsfall N_A_2.1.2.1_ntV_1_FS01 .....	104
Tabelle 91:	Adressierte Validierungsziele der Verkehrssicherheit für den Versuchsfall N_A_2.1.2.1_ntV_1_FS01.....	104
Tabelle 92:	Messgrößen für den Versuchsfall N_A_2.1.2.1_ntV_1_FS01 .....	105



Tabelle 93:	Beschreibung des Versuchsfalls N_A_2.1.2.1_VS01 .....	105
Tabelle 94:	Verkehrliche und technische Randbedingungen für N_A_2.1.2.1_VS01 .....	107
Tabelle 95:	Adressierte Validierungsziele der Nutzerakzeptanz für den Versuchsfall N_A_2.1.2.1_VS01 .....	108
Tabelle 96:	Adressierte Validierungsziele der Fahreffizienz für den Versuchsfall N_A_2.1.2.1_VS01 .....	108
Tabelle 97:	Adressierte Validierungsziele der Verkehrseffizienz für den Versuchsfall N_A_2.1.2.1_VS01 .....	108
Tabelle 98:	Adressierte Validierungsziele der Fahrsicherheit für den Versuchsfall N_A_2.1.2.1_VS01 .....	108
Tabelle 99:	Adressierte Validierungsziele der Verkehrssicherheit für den Versuchsfall N_A_2.1.2.1_VS01 .....	108
Tabelle 100:	Messgrößen für den Versuchsfall N_A_2.1.2.1_VS01 .....	109
Tabelle 101:	Ausfallwirkung von sim <sup>TD</sup> Komponenten .....	112
Tabelle 102:	Übersicht über Anzahl der Test- und Versuchsfälle .....	123
Tabelle 103:	Abkürzungen .....	126
Tabelle 104:	Synonyme bezüglich der Flotten .....	127

## Zusammenfassung

Das vorliegende Dokument D13.2 Test- und Versuchsspezifikation spezifiziert die Test- und Versuchsfälle, die im Rahmen der Arbeiten des AP13 ermittelt wurden. Ausgangsbasis für die Arbeiten bilden einerseits die im AP11 entwickelten 21 Car2X-Funktionen mit ihren jeweiligen Anwendungsfällen und andererseits die in AP12 definierten Validierungs-, Charakterisierungs- und Optimierungsziele, die ihrerseits aus dem Deliverable D5.1 abgeleitet wurden (siehe D11.3, D12.2, D5.1 im Literaturverzeichnis dieses Dokuments).

Im Ergebnis stellt dieses Dokument eine Sammlung von Test- und Versuchsfällen und testbezogenen Konzepten dar, die entwickelt wurden mit dem Ziel, das Erreichen der Projektziele des Projekts sim<sup>TD</sup> nachweisen zu können.

Das Dokument ist inhaltlich in zwei Hauptteile untergliedert, die eigentlichen Kapitel einerseits sowie die Anhänge andererseits. In den einzelnen Kapiteln dieses Dokuments werden die Test- und Versuchsfälle sowie weitere Aspekte im Zusammenhang mit der Test- und Versuchsspezifikation beschrieben. In den Anhängen 1 bis 3 befinden sich die eigentlichen Test- und Versuchsfälle. Anhang 4 ordnet die technischen Test- und Versuchsfälle den Bewertungskriterien aus TP5 zu.

Zur besseren Nachvollziehbarkeit orientiert sich die Struktur dieses Dokuments am Deliverable D12.2 [2].

Im Kapitel 1 wird ein Überblick über die Inhalte dieses Dokuments gegeben. Die Arbeiten dieses Arbeitspakets AP13 werden in Beziehung gesetzt zum Gesamtprojekt und zu den Validierungszielen. Die Test- und Versuchsfälle werden hinsichtlich der behandelten fachlichen Themengebiete erläutert. Abgrenzungen dieses Dokuments zu anderen Arbeiten werden getroffen.

Kapitel 2 beschreibt die technischen Test- und Versuchsfälle näher. Dabei werden ausgewählte Kernelemente der Test- und Versuchsfälle dargestellt – zum einen auf der Ebene des Gesamtsystems und zum anderen auf der Ebene der sim<sup>TD</sup>-Funktionen. Das für die technische Test- und Versuchsfallspezifikation verwendete Template wird erläutert.

In Kapitel 3 geht es um die nicht-technischen Versuchsfälle. Die Versuchsumgebungen werden im Zusammenhang des Projekts sim<sup>TD</sup> und in ihrem Zusammenspiel dargestellt. Die konzeptionellen Ansätze der Versuche und Auswertestrategien sowie das Vorgehen bei der Versuchsfall-Konzeption werden beschrieben. Anhand des Anwendungsfalls „Warnung vor dem Stauende“ wird die Versuchsfallerstellung exemplarisch detailliert beschrieben.

Kapitel 4 stellt die sogenannten „Tragenden Systemsäulen“ heraus. Dabei handelt es sich um die wesentlichen Aspekte und Komponenten des sim<sup>TD</sup> Systems, die für das Erreichen des Meilensteins 6 am 1. Mai 2011 (aktuelle Planung) des Projekts mindestens entwickelt, getestet und funktionstüchtig sein müssen.

In Kapitel 5 geht es um die Diagnosewerkzeuge für die sim<sup>TD</sup> Komponenten ITS Roadside Station - Application Unit (IRS-AU), ITS Vehicle Station - Vehicle Application Unit (ITS V-AU) und Car Communication Unit (CCU). Während der Versuchsdurchführung werden die Diagnosewerkzeuge bei aktualisierten Software- und Hardwarelieferungen zur Überprüfung der Funktionstüchtigkeit der neu gelieferten Software und Hardware, zur Analyse von Fehlern und anderen Besonderheiten sowie teilweise auch zur Wartung der genannten Komponenten eingesetzt.

Kapitel 6 stellt die wesentlichen Resultate dar, die im Rahmen der Spezifikation der Test- und Versuchsfälle gewonnen wurden. Es werden Schlussfolgerungen für die weitere Projektarbeit im Zusammenhang mit Deliverable D13.2 gezogen.

In den Anhängen befinden sich die eigentlichen Test- und Versuchsfälle. Anhang 1 und Anhang 2 gruppieren technische Test- und Versuchsfälle. Dabei enthält Anhang 1 Test- und Versuchsfälle zum Gesamtsystem, während Anhang 2 Test- und Versuchsfälle zu den 21 Car2X-Funktionen umfasst. Anhang 3 bündelt alle nicht-technischen Versuchsfälle. Anhang 4 ordnet die in den Anhängen 1 und 2 erstellten technischen Test- und Versuchsfälle den Bewertungskriterien aus TP5 zu.

## English summary

The present document D13.2 Specification of Tests and Trials specifies the test cases and trial specifications, which have been identified in the course of the AP13's<sup>1</sup> activities. They have been elaborated on the basis of the 21 car2x functions developed by AP11 including their respective use cases as well as the validation and optimisation goals identified by AP12, which in turn were derived from the deliverable D5.1 (see D11.3, D12.2, and D5.1 in this document's bibliography).

As a result this document presents a collection of test cases, trial specifications and test-related concepts identified with the aim of proving the achievement of the sim<sup>TD</sup> project goals.

The document is split in two sections. The first section, the chapters 1-6 of this document, provides a description of the test cases, trial specifications and further test-related aspects. The second section, the addenda, groups the test cases and trial specifications themselves.

For reasons of traceability this document's structure is based on the structure of the deliverable D12.2 [2].

Chapter 1 presents a general view on this document's content. The relationship is shown between the AP13's activities and the entire sim<sup>TD</sup> project and its goals. The test cases and trial specifications are explained with respect to the subject matter they treat. Finally, this document's limitations are pointed out.

Chapter 2 further describes the *technical* test cases and trial specifications. Selected key elements are presented in more depth – on the one hand at the level of overall sim<sup>TD</sup> system and on the other hand on the level of the 21 sim<sup>TD</sup> functions. The document template used for the specification of the *technical* tests and trials is explained.

Chapter 3 is all about *non-technical* trials. The various trial environments are explained in relation to each other as well as to the sim<sup>TD</sup> project as a whole. The conceptual approach, the trial evaluation strategies as well as the trial specification procedure are shown. The specification of a trial is explained in depth using the example of the use case "end of tailback warning".

Chapter 4 highlights the sim<sup>TD</sup> system's so called supporting pillars. The supporting pillars represent the main aspects and components of the system that are necessary to reach the project's milestone 6 on May 1, 2011 (current state of planning). The project shall ensure that at least these components and aspects have been developed, tested and are functional by this date.

Chapter 5 deals with diagnosis tools employed for the three sim<sup>TD</sup> components ITS roadside station application unit (IRS-AU), ITS vehicle station vehicle application (IVS-AU) and car communication unit (CCU). During the trial period these tools can be employed in order to verify the functionality of newly delivered software and hardware, to analyse any errors and other particularities and – in some cases – even for maintenance purposes of the said components.

Chapter 6 presents the main results, which have been found during the specification of test cases and trials.

Finally, the addenda 1 to 3 contain the actual test cases and trial specifications. Addendum 1 and 2 both group technical test cases and trial specifications. While addendum 1 deals with

---

<sup>1</sup> sim<sup>TD</sup>'s work package number 13

tests and trials addressing the overall system, addendum 2 lists the technical test cases and trial specifications for the 21 car2x functions. Addendum 3 comprises all of the non-technical trial specifications. Addendum 4 relates the test cases and trials of the addenda 1 and 2 to the evaluation criteria identified by TP5.

# 1 Einleitung

Dieses Kapitel vermittelt einen Überblick über das vorliegende Dokument und dessen Einbettung in das Gesamtprojekt. Es beschreibt den Bezug dieses Dokuments zu den Validierungszielen. Weiterhin vermittelt es einen ersten Eindruck über die Test- und Versuchsfälle, die im Rahmen der AP13-Arbeiten spezifiziert wurden. Das Unterkapitel „Abgrenzung“ weist auf Themenbereiche hin, die von dem vorliegenden Dokument nur eingeschränkt oder gar nicht adressiert werden.

## 1.1 Überblick über dieses Dokument

Dieses Unterkapitel beschreibt die Zielsetzung dieses Dokuments und seine thematischen Bestandteile. Der Fokus liegt dabei auf den Test- und Versuchsfällen. Darüber hinaus wird auf die Tragenden Säulen sowie die Diagnosewerkzeuge eingegangen.

### 1.1.1 Zielsetzung

Die vorliegende Sammlung von Test- und Versuchsfällen ist erstellt worden mit dem Ziel, die Grundlage für die Planung und Durchführung der sim<sup>TD</sup>-Versuche im Teilprojekt 4 (TP4) zu bilden. Ferner stellen sie einen Ansatzpunkt für die Planung und Umsetzung von Testsystem, Tests und Versuchen in Teilprojekt 2 (TP2) und Teilprojekt 3 (TP3) dar. Weiterhin bieten sie Teilprojekt 5 (TP5) eine Kontrollmöglichkeit hinsichtlich der Fokussierung der Projektarbeit auf die Hauptziele des Projekts sim<sup>TD</sup>.

Die Abbildung der wesentlichen Projektziele von sim<sup>TD</sup> bei der Spezifikation der Test- und Versuchsfälle ist dabei von essentieller Bedeutung. Diese Bewertungsziele wurden originär von Arbeitspaket 51 (AP51) im Deliverable D5.1 [7] vorgegeben und später von Arbeitspaket 12 (AP12) ausgearbeitet und verfeinert. In der vorliegenden Test- und Versuchsspezifikation wird die Abbildung der Projektziele gewährleistet durch die Referenzierung innerhalb jedes Test- und Versuchsfalles auf die in AP12 definierten Validierungs-, Optimierungs- und Charakterisierungsziele und die damit verbundenen Metriken und Messmethoden.

### 1.1.2 Test- und Versuchsfälle

Die durch das AP13 erstellte Spezifikation beschreibt die Tests und Versuche auf mittlerer bis grober Granularitätsstufe. Es wird vorausgesetzt, dass eine Operationalisierung der Test- und Versuchsfälle in TP3 und TP4 noch stattfindet. Dabei geht es aus heutiger Sicht um eine Ausarbeitung der Fälle dergestalt, dass darauf Test- und Versuchsplanungen und konkrete, durch Fahrer und andere Beteiligte durchführbare Ablaufbeschreibungen entstehen.

In diesem Dokument wird unterschieden zwischen technischen und nicht-technischen Test- und Versuchsfällen. Bei den technischen Test- und Versuchsfällen geht es um den Nachweis technischer und techniknaher Eigenschaften des sim<sup>TD</sup> Systems. Dazu gehören Faktoren wie Funktionalität, Performanz und IT-Sicherheit der sim<sup>TD</sup> Funktionen oder auch Grenzen der eingesetzten Kommunikationssysteme. Bei den nicht-technischen Test- und Versuchsfällen liegt der Fokus dagegen auf der Überprüfung der Wirkungen der Anwendungsfälle, die aus Interaktion der Fahrer mit den sim<sup>TD</sup>-Anwendungsfällen resultieren. Hierzu gehören hauptsächlich die Eigenschaften Fahr- und Verkehrssicherheit, Fahr- und Verkehrseffizienz sowie Nutzerakzeptanz.

Für die Spezifikation der technischen und nicht-technischen Test- und Versuchsfälle wurden zwei unterschiedliche Templates eingesetzt. Die zwei für technische und nicht-technische Tests und Versuche eingesetzten unterschiedlichen Templates wurden aufgrund der andersgearteten Natur der Test- und Versuchsfälle gewählt. Während technische Test- und Versuchsfälle für ganze Funktionen und zur Evaluierung der Leistungsfähigkeit einzelner Komponenten wie Kommunikation, Bessere Ortung und IT-Sicherheit spezifiziert wurden, ist es bei den nicht-technischen Test- und Versuchsfällen sinnvoller, einzelne Anwendungsfälle zu betrachten.

Templates, also Dokumentvorlagen, unterstützen die Test- und Versuchsfall-Spezifikation, indem sie gerade bei der in sim<sup>TD</sup> eingesetzten großen Anzahl von Spezifikateuren die Einheitlichkeit und Vergleichbarkeit der Ergebnisse fördern. Weiterhin können sie mit relativ überschaubarem Aufwand in Datenbanken eingelesen, weiterbearbeitet und in flexibel gestaltbaren Reports ausgegeben werden, so dass Nachfolge-Arbeitspakete die Möglichkeit haben, auf den Arbeiten des AP13 direkt aufzusetzen. Vorbereitet ist das Einlesen der technischen Test- und Versuchsfälle in die Anforderungsdatenbank des Projektpartners Fraunhofer IESE. Die nicht-technischen Test- und Versuchsfälle befinden sich in einer Datenbank des Projektpartners TU München. Auch hier ist das Einlesen in die Anforderungsdatenbank der IESE geplant. Details zu den gewählten Templates können hier nachgelesen werden:

Technisches Test- und Versuchsfall-Template:      Siehe Kapitel 2

Nicht-technisches Versuchsfall-Template:          Siehe Kapitel 3

### 1.1.3    Tragende Systemsäulen

Die Tragenden Systemsäulen stellen die wesentlichen Aspekte und Komponenten des sim<sup>TD</sup> Systems heraus, die für das Erreichen des Meilensteins 6 des Projekts mindestens entwickelt, getestet und funktionstüchtig sein sollen. Wird dieses Ziel nicht erreicht, kann dies zum Abbruch des Feldversuchs führen. Das Kapitel wurde von TP3 beigesteuert, siehe Kapitel 4. Als Tragende Systemsäulen wurden definiert:

1.    HMI
2.    C2X Kommunikations-Kernfunktionen
3.    Messdatenerfassung
4.    Funktionslaufzeitumgebung

### 1.1.4    Diagnosewerkzeuge

Im Rahmen dieses Dokuments werden für ausgewählte Komponenten Diagnosewerkzeuge beschrieben, mit denen sich während des Feldversuchs auftretende besondere Ereignisse analysieren und zum Teil auch warten lassen. Das Kapitel wurde von TP3 beigesteuert, siehe Kapitel 5. Beispiele für Diagnosewerkzeuge sind in der Vehicle Application Unit der Zugriff auf die Logdateien des sogenannten OSGi-Frameworks sowie die Schnittstelle zum Zugriff auf die Fehlermeldungen der Systemkomponenten und Funktionen, die über eine Benutzerschnittstelle (Human Machine Interface – HMI) abgerufen werden können.

## 1.2 Einbettung in das Projekt sim<sup>TD</sup>

Das folgende Dokument ist mit den Arbeiten anderer Arbeitspakete in diesem Projekt verknüpft.

Aus AP11 bezieht das Projekt einen wichtigen Input für die Test- und Versuchsfallerstellung, die Spezifikation der sim<sup>TD</sup>-Funktionen, siehe Deliverable D11.3 [3]. Diese Funktionsspezifikationen inklusive der darin enthaltenen Beschreibung der Anwendungsfälle jeder Funktion bilden die Grundlage für sowohl die technischen wie auch die nicht-technischen Tests und Versuche.

AP12 steuert die Validierungs-, Optimierungs- und Charakterisierungsziele bei, die im Projekt erreicht werden sollen. Jeder Test- und Versuchsfall referenziert mindestens eines dieser Ziele. Weiterhin gehen die dort definierten Messmethoden und Metriken in die Test- und Versuchsfälle ein. Viele der im Rahmen von AP13 geänderten Ziele wurden vor Fertigstellung des D12.2 (Validierungsziele, Metriken und Methoden) [2] an AP12 kommuniziert, so dass sie dort eingehen konnten. Die erst nach Fertigstellung des D12.2 geänderten Validierungsziele werden in Kapitel 2 beschrieben.

AP13 hat im Zuge der Spezifikation der technischen Test- und Versuchsfälle Messgrößen definiert, die dem AP24 (Projekt Testsystem) als Input für die Definition des Testsystems dienen können. Einige technische Test- und Versuchsfälle wurden zur Durchführung auf dem Prüfstand spezifiziert. Details zum Prüfstand können im Working Document W24.3 (Plan des Prüfstandes) [4] nachgelesen werden.

Die im vorliegenden Dokument spezifizierten Test- und Versuchsfälle können dem AP33 (Funktionstest) als Grundlage für die Definition von Integrations-, Abnahme- und anderweitigen Tests dienen. Eine Reihe technischer Test- und Versuchsfälle wurde zur Durchführung auf dem Testgelände spezifiziert. Details zum Testgelände können im Deliverable D32.1 (Testgelände ist aufgebaut) nachgelesen werden.

Für die Kunden dieses Dokuments aus TP4, allen voran das AP41 (Versuchsdesign) und AP43 (Auswertung und Analyse) sind insbesondere die nicht-technischen Test- und Versuchsfälle relevant. Sie wurden im Wesentlichen von Vertretern aus diesen Arbeitspaketen selbst verfasst. Im Zuge der AP13-Arbeiten stellte sich heraus, dass auch die technischen Test- und Versuchsfälle für das TP4 von Interesse sind, beispielsweise weil dort Hinweise auf die Eigenschaften der Versuchsumgebung und auf die Einbindung von Fahrern in den Test- oder Versuchsfall gegeben werden.

TP5 schließlich kann mit diesem Dokument einen Überblick gewinnen hinsichtlich der Möglichkeit der Erreichung der Bewertungsziele des sim<sup>TD</sup>-Projekts.

## 1.3 Validierungsziele als Basis

Unter Validierung wird üblicherweise die dokumentierte Beweisführung verstanden, dass ein System (Hardware und/oder Software) die Anforderungen in der Praxis erfüllt. Validierung ist aber auch eine Bestätigung durch Bereitstellung eines objektiven Nachweises, dass die Anforderungen für einen spezifischen beabsichtigten Gebrauch oder eine spezifische beabsichtigte Anwendung erfüllt worden sind. Die „dokumentierte Beweisführung“ erfolgt im Allgemeinen durch Tests und Versuche.

In sim<sup>TD</sup> wird also das sim<sup>TD</sup> Gesamtsystem, bestehend aus Komponenten und den im bzw. auf dem System laufenden Funktionen, der Validierung unterzogen. Ausgangspunkt der Validierung ist die in der sim<sup>TD</sup> Vorhabensbeschreibung (VHB) formulierte „forschungsleitende Hypothese“ (vgl. [1], Kap. 1.2). Aus dieser wurden verkehrliche, wirtschaftliche und wissenschaftliche Zielsetzungen als sogenannte „Top-Ziele“ abgeleitet.



Darauf aufbauend wurden die Anforderungen an das Gesamtsystem und seine Komponenten und Funktionen in den Teilprojekten (TP) TP1 „Anforderungsanalyse“, Arbeitspaket (AP) AP11 „Funktionen“ und TP2 „Systementwurf“ entwickelt. Die Summe aller Anforderungen beschreibt das zu implementierende System.

Um dieses System nach der Fertigstellung validieren zu können, wurden in AP12 aus den Anforderungen Validierungsziele definiert. Ergänzt wurden diese um Optimierungs- und Charakterisierungsziele (vgl. [2], Kap. 1.1.5.3 und siehe Glossar). Die Validierungsziele stellen somit die Basis für alle Tests und Versuche innerhalb von sim<sup>TD</sup> dar. Die Validierungsziele wurden in technische und nicht-technische Validierungsziele unterteilt und es wurden auf diese geeignete Validierungsmethoden zugeschnitten. Um eine nachvollziehbare, quantitative und qualitative Bewertung der Test- und Versuchsergebnisse vornehmen zu können, wurden aussagekräftige, anerkannte Metriken für die ausgesuchten Methoden eingeführt.

Damit wurden in sim<sup>TD</sup> wesentliche Grundlagen geschaffen, auf denen die Test- und Versuchsfälle zur Validierung des Systems in AP13 entwickelt werden konnten.

## 1.4 Erläuterungen zu Test- und Versuchsfällen

In diesem Kapitel wird der fachliche Fokus der Test- und Versuchsfälle auf Gesamtsystem-, Funktions- und Anwendungsfall-Ebene dargestellt. Die Test- und Versuchsfälle sind fachlich gegliedert in Test- und Versuchsfälle

- zum Gesamtsystem,
- zu den 21 Car2X-Funktionen und
- zu den Anwendungsfällen der Car2X-Funktionen.

Dabei werden das Gesamtsystem und die Car2X-Funktionen zunächst aus weitgehend technischer Sicht überprüft. Dazu wird das technische Test- und Versuchsfall-Template herangezogen, siehe Tabelle 1: Technisches Test- und Versuchsfall-Template.

Zusätzlich werden die Car2X-Funktionen aus der Sicht ihrer Anwendungsfälle betrachtet – diesmal mit dem Fokus auf den nicht-technischen Eigenschaften des sim<sup>TD</sup> Systems. Da die nicht-technischen Aspekte des sim<sup>TD</sup> Systems eng mit dem Verhalten seiner Anwender verknüpft sind, eignen sich die nutzungs- und damit Benutzer-bezogenen Anwendungsfälle besser zur Verifikation dieser Aspekte als die aus in der Regel mehreren Anwendungsfällen bestehende gesamte Funktion. In diesem Fall wurde demgemäß das nicht-technische Versuchsfall-Template verwendet, siehe Tabelle 75: Beschreibung des Anwendungsfalls A\_2.1.2.1 „Warnung vor Stauende“ und folgende.

Sowohl technische als auch nicht-technische Test- und Versuchsfälle sind mit einer Priorisierung versehen. Dabei stellt eine hohe Priorisierung einen Hinweis darauf dar, dass der Test bzw. Versuch durchgeführt werden sollte.

### 1.4.1 Gesamtsystem

Bei der Betrachtung des Gesamtsystems geht es um technische Eigenschaften des sim<sup>TD</sup> Systems, die das komplette System betreffen, d. h. nicht nur einzelne Car2X-Funktionen. Ausgangsbasis für die Betrachtung dieser systemweiten Aspekte bilden die in AP12 definierten Validierungsziele. Hieraus ergab sich für AP13 eine Strukturierung in mehrere Themenbereiche.

Zunächst wird das System in Bezug auf seine Ausstattung mit ITS Roadside Stations (IRS) und ITS Vehicle Stations (IVS) betrachtet. Dabei sollen Fragen beantwortet werden wie „Mit welcher Reichweite einer IRS an einem bestimmten Standort kann gerechnet werden, so dass hieraus zusammen mit anderen IRS-Reichweite-Daten eine möglichst optimale IRS-Dichte ermittelt werden kann?“. Eine Betrachtung darüber, ab welcher Ausstattungsrate ein Anwendungsfall einer Funktion funktioniert, wird im Rahmen der nicht-technischen Wirkungen ermittelt, siehe Kapitel 3.

Die Kommunikation über die 802.11p- und 802.11b/g-Protokolle und über Mobilfunk wird ebenfalls auf Basis des Gesamtsystems verifiziert. Zum Großteil geschieht diese Verifikation in abstrakter Form, d. h. unabhängig von einzelnen Car2X-Funktionen. Eine Ausnahme bilden einzelne Kommunikationslasttests, die – auch aus Gründen einer guten Vermittelbarkeit gegenüber Dritten – mit ausgewählten Car2X-Funktionen spezifiziert wurden. Die Kommunikationslasttests werden aus diesem Grund im Kapitel 2.2 (Technische Tests und Versuche der Funktionen) dieses Dokuments behandelt. Auch Test- und Versuchsfälle für den Geoserver für das 802.11p-Protokoll sowie für Mobilfunk werden im Zusammenhang mit den Kommunikationsaspekten betrachtet.

Weiterhin werden Aspekte der IT-Sicherheit auf systemweiter Ebene durch entsprechende Test- und Versuchsfälle beleuchtet. Dazu zählen unter anderem der Schutz vertrauenswürdiger Daten und die Resistenz des Systems gegenüber invaliden oder ungewöhnlichen Eingabedaten.

Abschließend wird die Komponente der Besseren Ortung untersucht, da eine bestmögliche Positionsbestimmung von Fahrzeugen eine wesentliche Grundlage für die Qualität vieler sim<sup>TD</sup> Funktionen darstellt.

Die Test- und Versuchsfälle für das Gesamtsystem befinden sich im Anhang 1 dieses Dokuments, nähere Erläuterungen zu jeder der oben aufgeführten fachlichen Themengebiete befinden sich in Kapitel 2.1.

#### 1.4.2 Funktionen

Im Zentrum des Projekts sim<sup>TD</sup> steht die Entwicklung von 21 Car2X-Funktionen. Diese Funktionen werden einzeln auf unterschiedliche, weitgehend technische Kriterien hin überprüft. Dabei geht es beispielsweise um korrekte Funktionalität und die Performanz einer Funktion.

Für jede Funktion wurde in AP12 eine Menge von Validierungszielen definiert. Darüber hinaus hat AP12 Validierungsziele ermittelt, die grundsätzlich für alle Funktionen gelten können. Jedes Funktionsentwicklungsteam (FET) hat vom AP13 die Aufgabe erhalten, zu überprüfen, ob die in AP12 definierten Validierungsziele nach wie vor für diese Funktion sinnvoll sind und wenn ja, Test- und Versuchsfälle zu spezifizieren, die dazu geeignet sind, die Validierungsziele nachzuweisen.

Nähere Informationen zum Testen von Funktionen finden sich in Kapitel 2.2, die Test- und Versuchsfälle selbst können im Anhang 2 eingesehen werden.

#### 1.4.3 Anwendungsfälle

Jede Car2X-Funktion in sim<sup>TD</sup> besteht aus einem oder mehreren Anwendungsfällen. Nicht-technische Versuchsfälle werden auf Basis dieser Anwendungsfälle spezifiziert. Eine weitergehende Beschreibung der Versuchsfälle kann dem Kapitel 3 dieses Dokuments entnommen werden.

## 1.5 Abgrenzung

In diesem Unterkapitel werden Themenbereiche genannt, die das vorliegende Dokument nicht oder nur eingeschränkt behandelt.

### **Granularität der Test- und Versuchsfälle**

Um als Tests und Versuche durchführbar zu sein, ist es erforderlich, die hier spezifizierten Test- und Versuchsfälle im Rahmen der sim<sup>TD</sup>-Operationalisierungsphase auf feinerer Ebene zu spezifizieren. Es wird aktuell davon ausgegangen, dass die Operationalisierung durch die TP3 und TP4 (AP41) durchgeführt wird.

### **Durchführbarkeit der Test- und Versuchsfälle**

Mit dieser Test- und Versuchsspezifikation soll nicht suggeriert werden, dass alle hier spezifizierten Test- und Versuchsfälle grundsätzlich und exakt wie beschrieben innerhalb des sim<sup>TD</sup>-Projektes durchgeführt werden müssen. Im Projektverlauf kann sich beispielsweise ergeben, dass sich die durch einen Test- oder Versuchsfall definierten Anforderungen nicht vollständig erfüllen lassen. Dies kann dazu führen, dass der Test- oder Versuchsfall anders als ursprünglich geplant oder im Extremfall gar nicht durchgeführt werden kann. Die in diesem Dokument beschriebenen Test- und Versuchsfälle wurden gründlichen und zumeist auf mehreren Ebenen operierenden Qualitäts- und Konsistenzprüfungen unterzogen. Gleichwohl sind Doppelungen und Lücken bei den Test- und Versuchsfällen denkbar. Sollten diese in späteren Projektphasen auffallen, greifen hier die Änderungsmanagement-Prozesse des Projektes sim<sup>TD</sup>. Bei Abgabe des vorliegenden Deliverables sind diese Prozesse noch nicht im Einzelnen bekannt.

### **Referenzierung der Funktionsspezifikation**

Die in AP13 spezifizierten Test- und Versuchsfälle referenzieren die Funktionsspezifikation der sim<sup>TD</sup>-Funktionen auf mehrfache Weise, soweit für die Test- und Versuchsspezifikation relevant. Es wird jedoch nicht jede einzelne in der Funktionsspezifikation dargestellte Spezifikationsstufe im Detail referenziert.

Bei den *technischen* Test- und Versuchsfällen werden die von der Funktion adressierten Situationen und Aktionen dargestellt. Viele der sim<sup>TD</sup>-Funktionen lassen sich in ihrem Kern als ein oder mehrere Paare von „Situation“ und zugehöriger „Aktion“ strukturieren. Sie werden im Wesentlichen formuliert als Wenn „Situation zutrifft“ dann „führe Aktion aus“. Weiterhin werden zu jeder Situation die daran beteiligten Akteure dargestellt sowie die aus den Situationen abgeleiteten sogenannten Situationsprimitive, d. h. die relevanten Konstellationen der Akteure in der jeweiligen Situation.

Bei den *nicht-technischen* Versuchsfällen wird die Funktionsspezifikation implizit dadurch referenziert, dass sich jeder Versuchsfall auf mindestens einen Anwendungsfall einer Funktion bezieht. Auch hier werden die relevanten Konstellationen der Akteure in der jeweiligen Situation dargestellt und technisch-verkehrliche Rahmenbedingungen definiert.

Nähere Informationen zur Funktionsspezifikation können in dem separaten Deliverable D11.3 nachgelesen werden, siehe [3]. AP13 prüft die Korrektheit der Referenzen auf die Funktionsspezifikation, es führt keine Vollständigkeitsprüfung *innerhalb der Funktionsspezifikation* durch.

### **Bedrohungsszenarien**

Die Vorhabensbeschreibung sieht für das Deliverable D13.2 die Definition von Bedrohungsszenarien vor, „die je nach Funktion sowohl im Einzelnen als auch während der Interaktion untereinander die Teile Car Communication Unit (CCU), Versuchszentrale und Verkehrsleitzentrale sowie die Kommunikationsinfrastruktur (RSU) umfassen“ (VHB Version 4.1 vom 16. Januar 2009). Im Gegensatz zur Planung der Vorhabensbeschreibung werden

Bedrohungsszenarien nicht im Rahmen von AP13, sondern durch AP21 im D21.5 definiert. AP13 fokussiert sich auf die Ermittlung von Test- und/oder Versuchsfällen zur IT-Sicherheit.

### **Testsystem**

Der Test des Testsystems selbst, also die Hauptfunktionen 4.1 bis 4.3, liegt nicht im Fokus der Arbeiten zu dem vorliegenden Deliverable. Das Testsystem wird im Rahmen der Systemkomponentenentwicklung und der Funktionsintegration mitbehandelt.

### **Tragende Säulen**

Das Kapitel zu den Tragenden Säulen des sim<sup>TD</sup> Systems wurde aufgrund einer Entscheidung des sim<sup>TD</sup> Projektmanagementteams in das Deliverable D13.2 aufgenommen. Die Umsetzung der dort beschriebenen Säulen ist in erster Linie relevant für die Arbeiten des TP2. Das Kapitel Tragende Säulen kann demnach als Vorarbeit für die Durchführung der im D13.2 spezifizierten Tests und Versuche betrachtet werden. Die sim<sup>TD</sup> Projektplanung sieht vor, die durch das AP13 spezifizierten Test- und Versuchsfälle durchzuführen, nachdem der Nachweis der erfolgreichen Umsetzung der Tragenden Säulen erfolgt ist.

### **Testabdeckung**

Die Sicherstellung der Testabdeckung lag in der Verantwortung der Test- und Versuchsfall-Spezifikateure. Aus Gründen der Nachvollziehbarkeit wurden Zurückweisungen von Validierungszielen begründet. Die Begründungen sind jeweils tabellarisch dokumentiert (siehe Tabellenverzeichnis). Eine formale Risikoabschätzung wurde dabei nicht durchgeführt.

## 2 Technische Test- und Versuchsfälle

Im Rahmen von AP13 werden zu den 21 C2X-Funktionen des Forschungsprojekts sim<sup>TD</sup> Test- und Versuchsfälle auf unterschiedliche Weise ermittelt. Es ist grundsätzlich zu unterscheiden zwischen technischen Tests und Versuchen auf der einen Seite und nicht-technischen Versuchen auf der anderen Seite.

Das Kapitel 2 befasst sich im Folgenden mit dem technischen Anteil. Grundsätzlich wird hier fachlich unterschieden zwischen dem Nachweis technischer sowie technischer Eigenschaften des Gesamtsystems und der sim<sup>TD</sup> Funktionen.

Bei den Tests und Versuche des Gesamtsystems geht es um die Betrachtung der technischen Eigenschaften des sim<sup>TD</sup> Systems, welche das komplette System und nicht nur einzelne sim<sup>TD</sup> Funktionen betreffen. Die Tests und Versuche der 21 sim<sup>TD</sup> Funktionen hingegen lassen sich aufteilen in Tests und Versuche basierend auf funktionspezifisch formulierten Validierungszielen und in Tests basierend auf funktionsübergreifend formulierten Validierungszielen. Die Funktionen werden auf technische Kriterien, wie bspw. korrekte Funktionalität und Performanz einer Funktion hin überprüft.

Sowohl die technischen Tests und Versuche des Gesamtsystems als auch die der Funktionen werden in Form von ausgefüllten Testfall-Templates in einem Worddokument beschrieben, siehe Tabelle 1 unten. Der Text der weißen Spalte wird dabei von den Spezifikateuren mit der eigentlichen Beschreibung überschrieben. Die Spezifikateure sind in der Regel die Funktionsentwicklungsteams (FET).

Das ausgefüllte Template wird nach der Bearbeitung in die Anforderungsdatenbank der Fraunhofer IESE eingelesen.

Die Spezifikation der technischen Test- und Versuchsfälle findet in mehreren Spezifikationsrunden statt. Allgemein ist anzumerken, dass im Laufe der Spezifikationsrunden die Unterscheidung zwischen technischen Tests, Versuchen und Optimierung ersetzt wurde durch die Aufteilung Validierung, Optimierung und Charakterisierung. Der Begriff Validierung umfasst dabei sowohl technische Tests als auch technische Versuche. Diese Umstrukturierung schafft für die Spezifikateure ein besseres Verständnis beim Befüllen der Templates, da eine Unterscheidung zwischen Test und Versuch nicht immer eindeutig gezogen werden kann. Zudem entspricht diese Einteilung dem Bezug der Ziele aus den Validierungszielen des D12.2 [2].

Nachfolgend befindet sich das technische Test- und Versuchsfall- Template, wie es die Spezifikateure als Ausgangsbasis für ihre Arbeiten von AP13 erhalten haben. Die ID stellt eine über alle Test- und Versuchsfälle eindeutige Identifizierungsmöglichkeit dar und wird später in diesem Kapitel näher erläutert. Sie kann zum Filtern von Test- und Versuchsfällen herangezogen werden, nachdem diese in die Anforderungsdatenbank der IESE eingelesen wurden. Die linke Spalte enthält jeweils einen Bezeichner, der, nachdem die Test- und Versuchsfälle in die Anforderungsdatenbank eingelesen wurden, den Schlüssel zum Filtern dieser Zeile des Test- bzw. Versuchsfalles bildet. Die rechte Spalte enthält neben einer Angabe des gewünschten Inhalts jeweils ein Beispiel zur Verdeutlichung für die Spezifikateure

Tabelle 1: Technisches Test- und Versuchsfall-Template

ID	Bitte nicht vergeben
Testobjekt	<Fx.y.z> <Funktionsname> <i>Beispiel: F_2.2.1 Verkehrszeichenassistent</i>
Kurzbezeichnung	Eindeutige Kurzbeschreibung der Validierung, Optimierung oder Charakterisierung in einer Zeile, zum schnellen Erfassen Inhalts. <i>Beispiele: Warnung bei zu hoher Geschwindigkeit</i>
Beschreibung	Detaillierte, informelle Beschreibung der Validierung, Optimierung oder Charakterisierung. <i>Beispiel: Test der Funktion x in der Situation z</i>
Autor	Autor und Firma der Spezifikation <i>Beispiel: Petra Musterfrau, Firma XY</i>
Validierungs-/ Optimierungs- /Charakterisierungsziel	Referenz auf das Validierungs- / Optimierungs- /Charakterisierungsziel gemäß D12.x. Hier sollte nur eine Referenz stehen und keine Auszüge aus den AP12-Dokumenten. <b>Validierungsziel</b> Ein Validierungsziel ist eine informelle oder semi-formale Beschreibung, einer oder mehrerer Systemanforderungen oder Systemeigenschaften, deren Eignung für einen spezifischen beabsichtigten Gebrauch oder eine spezifische beabsichtigte Anwendung durch Bereitstellung eines objektiven Nachweises zu belegen sind.  <b>Optimierungsziel</b> Ein Optimierungsziel ist eine informelle oder semi-formale Beschreibung, einer oder mehrerer Systemanforderungen oder Systemeigenschaften, deren Parameter hinsichtlich eines spezifischen beabsichtigten Gebrauch oder eine spezifische beabsichtigte Anwendung durch Bereitstellung objektivierbarer Methoden zu optimieren sind.  <b>Charakterisierungsziel</b> Ein Charakterisierungsziel ist eine informelle oder semi-formale Beschreibung einer oder mehrerer Systemanforderungen oder Systemeigenschaften, die im Kontext eines spezifischen Gebrauchs oder einer spezifischen Anwendung bisher nicht bekannt sind und durch Bereitstellung objektivierbarer Methoden zu ermitteln sind.  <i>Beispiel: TVZ_F1.2.3_1</i>
Testfall-Priorität (1) Hoch – begründet (2) Mittel (3) Gering	Priorität <i>innerhalb</i> des Validierungsziels. Bei Einstufung „hoch“ mit detaillierter Begründung.  <u>Hinweis:</u> Prio „hoch“ bitte nur angeben, wenn bei Nichtdurchführung die <u>technischen</u> sim <sup>TD</sup> Top-Ziele aus der Funktionsspezifikation Kap. 3.1 nicht erreicht werden können (Diese sind explizit anzugeben!).  Hoch: Test-/Versuchsfall muss durchgeführt werden Mittel: Test-/Versuchsfall sollte durchgeführt werden Gering: Test-/Versuchsfall kann durchgeführt werden
Testart (1) Validierung (2) Optimierung (3) Charakterisierung	Auswahl entsprechend dem Ziel, auf Basis dessen dieser Testfall spezifiziert wird. Validierung umfasst sowohl Test als auch Versuch. <i>Beispiel: Validierung</i>



ID	Bitte nicht vergeben
<b>Testort</b> (1) Prüfstand (2) Simulation (3) Testgelände (4) Versuchsgebiet freie Flotte (300 Fzg) (5) Versuchsgebiet kontroll. Flotte naive Fahrer (80 Fzg) (6) Versuchsgebiet kontroll. Flotte Expertenfahrer (20 Fzg) Es dürfen explizit mehrere der Orte spezifiziert werden.	<p>Mindestens einer der links benannten Testorte, an dem die Validierung, Optimierung oder Charakterisierung durchgeführt werden soll.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li><u>Prüfstand</u>: Alle Tests, welche auf dem Prüfstand durchgeführt werden sollen, <u>werden nicht im Rahmen des AP13 spezifiziert</u>, sondern werden gesammelt an TP2/TP3 weitergegeben. Diese sind hier entsprechend <u>optional weiter auszuführen!</u></li> <li><u>Simulation</u>: Für die <u>technischen</u> Tests <u>existiert keine Grundlage!</u> Sollten also technische Simulationen gefordert werden, müssen diese eigenständig durch das entsprechende FET realisiert werden. Es werden lediglich <u>nichttechnische</u> Fahr- und Verkehrssimulationen gefahren.</li> <li><u>Versuchsgebiet</u>: Bei Tests mit freier Flotte UND kontroll. Fahren, müssen <u>2 getrennte Templates</u> ausgefüllt werden! → Unterschiedliche Durchführungsmethoden, Testschritte nötig (siehe entsprechenden Felder)</li> </ol> <p><i>Beispiel:</i> Versuchsgebiet kontroll. Flotte naive Fahrer Versuchsgebiet kontroll. Flotte Expertenfahrer</p>
<b>Testdurchführungsmethode</b>	<p>Anzugeben ist beispielsweise die Häufigkeit der Validierungs-/ Optimierungs-/ Charakterisierungsdurchführung oder deren Dauer.</p> <p><u>Hinweis:</u> Die Methode <u>muss</u> auf die Möglichkeiten der verschiedenen Flottentypen Bezug nehmen! (kontrollierte Flotte → Möglichkeit vorhanden den Fahrern vorzugeben wie oft ein Test gefahren werden soll, Dauer usw. freie Flotte → Möglichkeit nicht vorhanden)</p> <p><i>Beispiel:</i> Testfall ist genau 10mal durchzuführen.</p>
<b>Referenz auf Funktionsspezifikation</b>	<p>Hauptbezug zu Kapitel 4 der Funktionsspezifikation. Abdeckung Gutverhalten. Hier sollten eine Referenz auf den aktuellsten Spezifikationsleitfaden sowie die für diesen Test <u>relevanten</u> Auszüge hinsichtlich Situation, Situationsprimitive, Aktionen, Akteure stehen.</p> <p><i>Beispiel:</i> <i>Spezifikationsleitfaden_F_221_V1.0.doc</i></p> <p><i>Situationen</i> SIT1: ... <i>Situationsprimitive</i> SP1 ... <i>Aktionen</i> AKT1 ... <i>Akteure</i> A1 ...</p>
<b>Systemanforderung vor Testdurchführung</b>	<p>Beschreibung der für die Validierung/ Optimierung/ Charakterisierung notwendigen Ausgangssituation und seinen Vorbedingungen. Eine Validierung/ Optimierung/ Charakterisierung ist nur dann gültig, wenn die Vorbedingung bei der Ausführung erfüllt werden konnte. Wie muss die o. g. Konfiguration konfiguriert sein (Dinge, die man nicht beeinflussen kann wie Wetter, Stau)? Nummerierte Liste.</p> <p><u>Hinweis:</u> Sollte eine Systemanforderung vor Testdurchführung <u>nicht</u> nur für alle Testkonfigurationen gelten, dies explizit angeben (Siehe Beispiel). Gilt die Systemanforderung für alle Testkonfigurationen bzw. ist lediglich eine vorhanden, nichts angeben.</p> <p><i>Beispiel:</i> 1. Festlegen der Parameter des Testsystems XY</p>

ID	Bitte nicht vergeben
	<p>(Testkonfiguration1)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>2. Festlegen der Parameter des Testsystems AB</li> <li>3. Art &amp; Parameter der Kommunikationsschnittstelle</li> <li>4. Ein-/ (Ausschalten ?) anderer Funktionen – Positivliste</li> </ol>
Testkonfiguration 1	<p>Beschreibung des Umfelds für diese Validierung/ Optimierung/ Charakterisierung</p> <p>Beispiel: Eine Kreuzung oder Straße mit einer bestimmten Ausstattung/Merkmalen</p>
Testschritte	<p>Liste der Testschritte. Bei der Beschreibung wird unterschieden zwischen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Einem Testschritt (steuerbar)</li> <li>← Notwendige (korrekte) Reaktion der Funktion (nicht steuerbar)</li> </ul> <p>Neben der textuellen Beschreibung kann auch ein Ablaufdiagramm verwendet werden. Die Prozessschritte sollten dabei durchnummeriert sein.</p> <p><u>Hinweise:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Verwendung der Begriffe/Referenzen der Funktionsspezifikation (z.B. Name des Akteurs, der Situation, der Aktion)</li> <li>– Auswertungsschritte sind kein Teil der Testschritte</li> <li>– Kein Inhalt von Funktionsinterna (Bsp.: „Funktion berechnet den Wert xy.“ Hier ist von Interesse, welcher Input für den Test notwendig ist und welches Verhalten erwartet wird)</li> <li>– Verwendung von Variationsparameter(n) in Testschrittbeschreibung (z.B. Fahrer fährt mit <math>VAR_{Geschwindigkeit}</math>)</li> <li>– Anmerkungen sind im dafür vorgesehenem Anmerkungsfeld einzufügen</li> <li>– Schritte für Tests mit der <u>kontrollierten</u> Flotte sind direkt als <u>Anweisungen</u> an die Fahrer zu formulieren!</li> </ul> <p><u>Beispiel:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. → Der Fahrer des Ego Fahrzeuges startet in ausreichendem Abstand (abhängig von <math>VAR_{Geschwindigkeit}</math>) vor der Strecke mit einer Beschränkung auf Geschwindigkeit <math>VAR_{Geschwindigkeit}</math> und beschleunigt den Wagen, so dass er diese um mehr als 10% überschreitet. Mit dieser Geschwindigkeit fährt er auf den geschwindigkeitsbeschränkten Bereich zu.</li> <li>2. ← Der Fahrer erhält eine Information über die bevorstehende Geschwindigkeitsbeschränkung [Z01, V02]</li> <li>3. → Der Fahrer hält die überhöhte Geschwindigkeit, bis das Fahrzeug in den Geschwindigkeitsbereich eingetreten ist und fährt mit dieser Geschwindigkeit mindestens 10 Sekunden innerhalb des Bereichs.</li> <li>4. ← Der Fahrer erhält eine/mehrere Warnung(en) über die Geschwindigkeitsüberschreitung [Z01, V02]</li> <li>5. Variation → Der Fahrer reduziert die Geschwindigkeit auf das erlaubte Maß [Z02, V02]</li> <li>6. Variation ← Die Warnung über die Geschwindigkeitsüberschreitung wird entfernt [Z01]</li> <li>7. → Der Fahrer stoppt und beendet den Testdurchlauf</li> </ol>
Variationen	<p>Optionales Feld, falls Variation(en) der Validierung/ Optimierung/ Charakterisierung durchgeführt werden sollen.</p> <p>Es gibt grundsätzlich zwei Möglichkeiten, dieses Feld auszufüllen, wobei diese <u>nicht</u> kombiniert werden können.</p> <p>Möglichkeit 1 bietet sich für Validierung an,</p>



ID	Bitte nicht vergeben
	<p>Möglichkeit 2 für Validierung <u>oder</u> Optimierungen.</p> <p><u>1. Möglichkeit:</u> Variation von Testschritten. Die oben beschriebenen Testschritte werden somit als Ursprungsvariation angesehen, wovon die zusätzlichen Variationen abgeleitet werden.</p> <p><u>Schritt 1:</u> Anfügen des tiefgestellten Schlagworts „Variation“ an die Testschritte, die bei der Variation abgeändert (überladen) werden sollen.</p> <p><u>Beispiel zu Schritt 1:</u>  5. Variation → Der Fahrer reduziert die Geschwindigkeit ... (siehe auch Beispiel im Feld Testschritte)  6. Variation ← Die Warnung über ...</p> <p><u>Schritt 2:</u> Definition der Variationen in dem Feld <i>Variationen</i> (dieses Feld). Hierbei können mehrere unterschiedliche Variationen angegeben werden. Als oberste Ebene sind die Variationen als nummerierte Überschriften anzugeben. Unterhalb dieser Überschriften folgt die Neudefinition aller zuvor mit dem Schlagwort „Variation“ versehenen Testschritte.</p> <p><u>Beispiel zu Schritt 2:</u>  <u>Variation 1:</u>  5. → Der Fahrer behält die Geschwindigkeit bei [V02]  6. ← Die Warnung über die Geschwindigkeitsüberschreitung bleibt bestehen</p> <p><u>Variation 2:</u>  5. → Der Fahrer erhöht die Geschwindigkeit zusätzlich [V02]  6. ← Die Warnung über die Geschwindigkeitsüberschreitung bleibt bestehen</p> <p><u>2. Möglichkeit:</u> Variation von Parametern.</p> <p><u>Schritt 1:</u> Die zu variierenden Parameter sind bei der Testschrittbeschreibung in der Form VAR<sub>Bezeichnung</sub> zu verwenden. Mehrere Parameter können gleichzeitig verwendet werden.</p> <p><u>Beispiel zu Schritt 1:</u>  ... einer Beschränkung auf Geschwindigkeit VAR<sub>Geschwindigkeit</sub> und beschleunigt ... (siehe Beispiel im Feld Testschritte)  ... mit dem Abstand VAR<sub>Abstand</sub> ... (nicht oben enthalten)</p> <p><u>Schritt 2:</u> Definition der Belegungslisten für die zu variierenden Parameter. Sind mehrere unterschiedliche Variationsparameter</p>

ID	Bitte nicht vergeben
	<p>in Verwendung muss darauf geachtet werden, für jeden Parameter dieselbe Anzahl an Belegungen anzugeben. Eine konkrete Variation ergibt sich aus der Verwendung der Belegungen aus den Belegungslisten mit demselben Index.  <u>Beispiel zu Schritt 2:</u>  <math>VAR_{\text{Geschwindigkeit}} = \{30, 50, 80, 100\}</math> in km/h  <math>VAR_{\text{Abstand}} = \{100, 150, 200, 250\}</math> in Metern</p> <p>In diesem Beispiel gibt es 4 unterschiedliche Variationen, wobei für die erste Variation gilt:  <math>VAR_{\text{Geschwindigkeit}} = 30</math> km/h  <math>VAR_{\text{Abstand}} = 100</math> Metern  bzw. für die zweite:  <math>VAR_{\text{Geschwindigkeit}} = 50</math> km/h  <math>VAR_{\text{Abstand}} = 150</math> Metern  usw.</p>
Auswertungskriterium	<p>Spezifikation der für die Auswertung notwendigen Prüfkriterien (Verdict-Kriterien = Kenngrößen), also:  PASS: unter welchen Bedingungen ist die Validierung erfolgreich UND  FAIL: unter welchen Bedingungen nicht  ODER  wie die Optimierungsvorschrift lautet (bei Optimierungszielen)  INCONCLUSIVE: Optional kann zusätzlich angegeben werden unter welchen Bedingungen keine Aussage der obigen Aussagen möglich ist.  <u>Hinweise:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Muss der Kenngröße aus den Validierungs-/Optimierungszielen (AP12) entsprechen</li> <li>– Muss zur oben angegebenen Testmethode passen</li> <li>– Varianzen für Mess-/Kenngröße und Gesamtzahl der Tests sollten angegeben werden</li> </ul> <p><u>Beispiel:</u>  <u>PASS:</u> &lt;Auswertungskriterium 1&gt; wird in 100% aller im Zeitraum x durchgeführten Tests erreicht.  <u>FAIL:</u> &lt;Auswertungskriterium 1&gt; wird in mindestens einem Testdurchlauf im Zeitraum x nicht erreicht.</p>
Testkonfiguration 2	Siehe Testkonfiguration 1
Testschritte	s.o.
Variationen	s.o.
Auswertungskriterium	s.o.
Testkonfiguration ...	Siehe Testkonfiguration 1. Bitte fortlaufend in ganzen Zahlen durchnummerieren.
Testschritte	s.o.
Variationen	s.o.
Auswertungskriterium	s.o.
„Zutatenliste“	<p>Genaue Beschreibung der benötigten Objekte, z.B. Anzahl weiterer Fahrzeuge. Bezeichnungen wie ca., etwa, ... sind zu vermeiden. Min/Max Angaben sind in Ordnung.  <u>Hinweis:</u></p>

ID	Bitte nicht vergeben
	<p>Diese Liste sollte sich aus den Testkonfigurationen ergeben. Das heißt, alle Objekte der Testkonfigurationen müssen sich in der Zutatenliste wiederfinden, da diese die Vereinigung der Testkonfigurationen darstellt.</p> <p>Es ist offen gestellt, in welcher Reihenfolge Testkonfiguration und Zutatenliste bearbeitet wird.</p> <p><i>Beispiel:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mind. sim<sup>TD</sup> EGO-Fahrzeuge</li> <li>2. Mind. 2 Fremdfahrzeuge, davon 1 Motorrad</li> <li>3. 1 IRS mit Verkehrszeicheninformationen</li> </ol>
Messgrößen, Logginggrößen	<p>Die Messgrößen werden als Vorschlag aus den im Rahmen von AP12 erarbeiteten Metriken und Methoden übernommen, sofern vorhanden. Beim Erstellen der Validierung/ Optimierung/ Charakterisierung können sie bei Bedarf verfeinert werden. Es kann sich dabei z. B. um SI Einheiten, Datenformat, was soll geloggt werden handeln.</p> <p>Nicht alle Messgrößen können über das Testsystem bestimmt werden. Vor allem bei Tests, die überprüfen, ob eine reale Situation korrekt in einer Funktion abgebildet wird (z.B. ein Hindernis) müssen die realen Messgrößen häufig system-extern bestimmt oder durch die Testsituation vorgegeben werden.</p> <p><b>Bitte ordnen Sie Ihre Messgrößen einer Komponente oder Funktion zu und benennen Sie sie, wie nachfolgend beschrieben. Die Zuordnung zu einer Komponente geschieht anhand der Komponentenliste aus der AP24-Messgrößen-Datenbank (auch der Ausfüllanleitung [5] zu entnehmen).</b></p> <p>Der Name einer Mess- oder Stellgröße wird automatisch gebildet aus "M" "S"."Komponentenname" "Funktionsname"."Größenname"."Parameter"</p> <p><b>M</b> = Messgröße, optional: <b>S</b> = Stellgröße</p> <p><b>Komponentenname</b> wählen Sie bitte aus der Liste in Kap. 2</p> <p><b>Funktionsname</b> wird gebildet nach dem Muster FXYZ, z. B. F123.</p> <p><b>Größenname</b> ist i.d.R. der von Ihnen bereits gewählte Bezeichner für die Messgröße</p> <p><b>Parameter</b> = optional, z. B. Gewicht: M.F123.BenachrichtigungAusVerkehrslageVerarbeitet.Gewicht</p> <p>Sämtliche Bezeichnungen sollten, wie im Projektfeld üblich, auf Deutsch sein. Bitte nur in Ausnahmefällen englische Bezeichnungen, z.B. um mit einer bestehenden Implementierung konsistent zu bleiben. Umlaute sind unzulässig. [...]</p>
Fahrerbeurteilung	<p>Optionales Feld. Beschreibung der Fragen, die dem Probanden gestellt werden müssen, sofern dies für Validierung/ Optimierung/ Charakterisierung notwendig ist.</p> <p><i>Beispiel: Stimmen die von der hier betrachteten Funktion gelieferten Informationen mit der Realsituation überein?</i></p>
Gültigkeitskriterium	<p>Optionales Feld, das bestimmt, ob die Testdurchführung gültig war, möglichst Vor-Ort prüfbar.</p> <p><i>Beispiel: Alle Testparameter korrekt eingestellt. Alle Loggingdaten vorhanden.</i></p>
Anmerkungen	<p>Optionales Feld, nicht relevant für Testdurchführung. Anmerkungen, welche in keine anderen Felder passen.</p> <p><i>Beispielsweise eine Anmerkung, warum ein Test durch eine bestimmte Testmethode statt durch eine andere durchzuführen ist.</i></p>

Um nun eine Unterscheidung zwischen der großen Anzahl an technischen Tests und Versuchen vornehmen und diese eindeutig zuordnen zu können, wird für jeden technischen Test und Versuch des Gesamtsystems und der Funktionen ein Schema zur Vergabe einer ID angewandt.

Folgende Tabelle 2 zeigt die Anleitung zur Vergabe der IDs für das Gesamtsystems.

Bsp.: T\_IVS\_01\_K0102

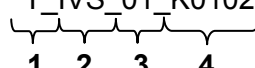


Tabelle 2: ID-Vergabe Gesamtsystem

1	Zuordnung technische Tests und Versuche		T_
2	Zuordnung Gesamtsystem	Ausstattung IRS	IRS_
		Ausstattung IVS	IVS_
		Kommunikation	KOM_
		IT-Sicherheit	SEC_
		Bessere Ortung	BOR_
3	Durchlaufende Nummer		01_, 02_, ...
4	Anzahl Testkonfigurationen		K01, K02, K03, ...
	Anzahl zugehöriger Variationen		00, 01, 02, ...

Tabelle 3 beinhaltet die zur Vergabe der IDs für die technischen Tests und Versuche der Funktionen.

Bsp.: T\_F\_2.2.2\_01\_K0102

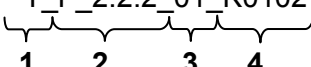


Tabelle 3: ID-Vergabe Funktionen

1	Zuordnung technische Tests und Versuche		T_
2	Zuordnung Funktion		F_x.x.x_
3	Durchlaufende Nummer	Funktionsspezifisch	01_, 02_, ...
		Funktionsübergreifend	UE01_, UE02_, ...
4	Anzahl Testkonfigurationen		K01, K02, K03, ...
5	Anzahl zugehöriger Variationen		00, 01, 02, ...

Die Testkonfigurationen und die Variationen beziehen sich auf die entsprechenden Felder im technischen Test- und Versuchsfall-Template. Sie wurden als ersten Hinweis auf die Komplexität eines Test- oder Versuchsfalls in die ID aufgenommen.

Sollte diese Angabe zum jetzigen Zeitpunkt den FETs jedoch noch nicht möglich sein, wird anstatt einer direkten Anzahl an Konfigurationen und/oder Varianten K01xx oder Kxxxx geschrieben. Dies gilt bspw. wenn Tests während Großveranstaltungen wie einem Fußballspiel im Versuchsgebiet gefahren werden müssen. Dann ist es noch nicht möglich abzuschätzen wie viele dieser Veranstaltungen zum Zeitpunkt der Testdurchführung wirklich stattfinden werden

## 2.1 Technische Tests und Versuche des Gesamtsystems

Die folgenden Unterkapitel beschreiben die Untersuchung technischer Eigenschaften des sim<sup>TD</sup> Gesamtsystems.

Die zugehörigen technischen Tests und Versuche unterteilen sich hinsichtlich der

- Ausstattungsrate mit ITS Roadside Stations (IRS)
- Ausstattungsrate mit ITS Vehicle Stations (IVS)
- Grenzen der eingesetzten Kommunikationstechnologien
- IT-Sicherheit der sim<sup>TD</sup>-Funktionen sowie
- Bessere Ortung.

### 2.1.1 Ausstattung mit ITS Roadside Stations

Für den Aufbau und den Betrieb von C2X-Systemen ist die für die Umsetzung bestimmter Funktionen erforderliche Ausstattung von Straßen und Autobahnen mit ITS Roadside Stations eine wichtige Randbedingung. Maßgebend ist dabei der erforderliche Abstand zwischen den IRS, der von der Straßenklasse (Autobahn, Landstraße oder städtische Straße) abhängig ist.

Die Auswahl der korrekten Standorte für IRS ist vielfach von den topologischen Eigenschaften vor Ort und wirtschaftlichen Aspekten abhängig, jedoch werden zusätzlich technische Betrachtungen für die mögliche Ausstattung des Straßenverkehrsnetzes mit IRS in der Zukunft benötigt. Hier werden Reichweitenmessungen des für den Fahrzeugverkehr optimierten IEEE 802.11p an ausgewählten IRS durchgeführt sowie die Auslastung der IRS-Prozessoren an ausgewählten Standorten überprüft.

Die Versuche der Reichweitenmessung und Auslastungsüberprüfung werden im Versuchsgebiet durchgeführt und sind an stationären IRS durchzuführen. Die Versuche müssen auf Autobahnen und städtischen Straßen durchgeführt werden, so dass ein eventueller Unterschied zwischen diesen beiden Streckenklassen festgestellt werden kann. Mit den aus den Versuchen resultierenden Ergebnissen kann die Ausstattungsichte mit ITS Roadside Stations ermittelt und optimiert werden.

Die ausführlichen Templates sind dem Anhang 1 zu entnehmen. Eine Übersicht befindet sich in folgender Tabelle 4.

Tabelle 4: Technische Tests und Versuche zur Ausstattung mit IRS

Test-ID	Kurzbeschreibung	Basis VZ aus D12.2
T_IRS_01_K0104_K0200	Prüfung der IRS-Auslastung	TVZ_IRS_1
T_IRS_02_K0104_K0203	Ermittlung der IRS-Reichweite	TVZ_IRS_2
T_IRS_03_K0103	Wahl der relevanten IRS für das sim <sup>TD</sup> - Fahrzeug	TVZ_IRS_x

## 2.1.2 Ausstattung mit ITS Vehicle Stations

Neben technischen Tests und Versuchen des Systems hinsichtlich der Ausstattungsrate mit ITS Roadside Stations (IRS) in Kapitel 2.1.1 werden folgend die Tests und Versuche bezüglich der Ausstattungsrate mit ITS Vehicle Stations (IVS) betrachtet.

Um Tests und Versuche zu ermitteln, wurden alle FETs aufgefordert entsprechende Tests und Versuche auf Basis des Validierungsziels TVZ\_UE21 der ISO-Kategorie Effizienz zu spezifizieren (siehe Tabelle 5). Neben diesem funktionsübergreifend formulierten Ziel hat AP12 mit seinem D12.2 [2] drei weitere funktionspezifisch formulierte Validierungsziele identifiziert, zu welchen nur die entsprechenden FETs Tests und Versuche spezifizieren. Bei diesen drei Validierungszielen handelt es sich TVZ\_F\_1.1.4\_3 der ISO-Kategorie Funktionalität und TVZ\_F\_1.2.3\_11 sowie TVZ\_F\_2.1.1\_13 der Kategorie Zuverlässigkeit (siehe Tabelle 5).

Tabelle 5: Übersicht Validierungsziele zur Ausstattung mit IVS

ID	Kategorie	Art	Zielbeschreibung	Priorität	Kenngröße	Skala	Interpretation	Methode	Berechnungsgrößen	Benötigte Messgrößen
Effizienz										
TVZ_UE21	Verbrauchsverhalten	O	Ausstattungsrate der Fahrzeuge mit 802.11p oder Mobilfunk im Straßenverkehr	hoch	genaue Abbildung der Verkehrslage	interval	Vergleich der vorhandenen Verkehrslage mit neu ermittelter Verkehrslage	Messen und Abbilden der Verkehrslage sowohl über die neue Technik mit "fahrenden Sensoren" im Verkehr als auch über stationäre Detektoren auf den Straßen		
Funktionalität										
TVZ_F1.1.4_3	Richtigkeit (A_1.1.4.1 Bereitstellung Gesamtverkehrslage)	O	Ermittlung der minimal notwendigen Ausstattungsrate der Fahrzeuge mit 802.11p oder Mobilfunk im Straßenverkehr für die Ermittlung der Verkehrslage	hoch	Korrekte Abbildung der Verkehrslage	interval	Vergleich der vorhandenen Verkehrslage mit neu ermittelter Verkehrslage	Vergleich der vorhandenen Verkehrslage mit der neu ermittelter Verkehrslage, sowohl über die neue Technik mit "fahrenden Sensoren" im Verkehr, über stationäre		

ID	Kategorie	Art	Zielbeschreibung	Priorität	Kenngröße	Skala	Interpretation	Methode	Berechnungsgrößen	Benötigte Messgrößen
								Detektoren auf den Straßen als auch in der Kombination aus beidem.		
Zuverlässigkeit										
TVZ_F1.2.3_11	Robustheit	O	Gesamtsystem aller Teilnehmer darf durch Routenneuberechnung nicht schwingen. Änderung der Verkehrsdichte auf Hauptstrecke und Ausweichstrecke pro Zeit		Änderung der Verkehrsdichten auf Haupt- und Ausweichrouten in zeitlichem Bezug zueinander	absolut	Je mehr Änderungen bei gleichbleibender Gesamtverkehrsdichte je schlechter	Simulation von Szenarien mit gleichen Gesamtverkehrsdichten, aber unterschiedlichen Parametern zu Routenneuberechnung (z.B. unterschiedliche "Meiden"-Radien um Störungen), dabei beobachten der berechneten Routen und der Verkehrsdichten auf diesen Routen.		LOG:EGO:F123:RouteNeuberechnet Extern:Verkehrslage LOG:EGO:AlteRoute Log:Ego:neue Route Log:Simulation:Ausstattungsrate
TVZ_F2.1.1_13	Reife	O	Detektionen durch Ausweichmanöver: Plausibilisierung durch mehrere detektierende Fzg.		Abweichung X / Streuung Y der ermittelten Hindernispositionen um den realen Wert	absolut	Beide Werte möglichst klein	Vergleich übermittelter Position zu realer Position bei gegebener Ausstattungsrate	Abweichung Referenzwert vom Mittelwert aller Detektionen Varianz von o. g. Größen	Log_Position_Hinderniss e_F2.1.1 REAL Position_Hindernisse_REAL

Basierend auf dieser Vorlage haben die FETs zusammengefasst folgende technischen Tests und Versuche spezifiziert (siehe Tabelle 6). Die Übersicht enthält die ID des Tests/Versuchs, die zugehörige Kurzbeschreibung, die ID der Funktion, auf welche sich der Test bezieht, sowie das Basis Validierungsziel auf dem sich der Test stützt.

Die ausführlichen Templates sind dem Anhang 1 zu entnehmen.

Tabelle 6: Technische Tests und Versuche zur Ausstattung mit IVS

Test-ID	Kurzbeschreibung	Funktion	Basis VZ aus D12.2
T_IVS_01_K0103_ K0203_ K0303_ K0403_ K0503_ K0603_ K0703_ K0803_ K0903	Messung der Genauigkeit der generierten Verkehrslage in Abhängigkeit von der Ausstattungsrate	F_121	TVZ_UE21
T_IVS_02_K0100_K0200	Ausstattungsrate der Fahrzeuge mit sim <sup>TD</sup> -Funktionalität (802.11p) im Straßenverkehr	F_133	TVZ_UE21
T_F_2.1.1_07_K0115	Detektionen durch Ausweichmanöver: Plausibilisierung durch mehrere detektierende Fahrzeuge	F_211	TVZ_F2.1.1_13



Der Test T\_IVS\_01\_K0103\_K0203\_K0303\_K0403\_K0503\_K0603\_K0703\_K0803\_K0903 überprüft unter Berücksichtigung der verschiedenen IRS Modi „IRS ausgeschaltet“; „IRS eingeschaltet und nicht vernetzt“ und „IRS eingeschaltet und voll vernetzt“, welche Auswirkungen unterschiedliche Ausstattungsrate IVS auf die durch die Funktion F\_1.2.1 generierte und kommunizierte Verkehrslage haben.

T\_IVS\_02\_K0100\_K0200, spezifiziert von der Funktion F\_1.3.3, befasst sich mit der Ermittlung der Ausstattungsrate von Fahrzeugen mit sim<sup>TD</sup>-Funktionalität und der ggf. teilweisen Abschaltung der stationären Detektion bzw. Prüfung, ob und wann die sim<sup>TD</sup> Ausstattungsrate es zulässt, teilweise auf eine stationäre Detektion zu verzichten. Hier ist vom FET anzumerken, dass bislang jedoch unklar ist, ob eine stationäre Detektion überhaupt abgeschaltet werden kann oder darf. Stationäre Detektion bedeutet hier, dass ein bestimmtes Verkehrsmodell auf dem LSA-Steuergerät die als realistisch einzustufende Verkehrsstärke auf Grundlage bestehender Detektion (ohne sim<sup>TD</sup> Funktionalität) ermittelt.

T\_F\_2.1.1\_07\_K0115 wurde im Rahmen der technischen Tests und Versuche der Funktionen spezifiziert und ist dadurch in Kapitel 2.2) angesiedelt und Anhang 2 zu entnehmen. Es ist durch die entsprechende Testdurchführung später zu klären, inwieweit bzw. welche Anteile dieses Tests für die Ausstattung mit IVS von Interesse sind.

Da die FETs abermals die Möglichkeit hatten eine Spezifikation zu oben genannten Validierungszielen zurückzuweisen bzw. mehrere Validierungsziele in einem Test zusammenzufassen, sind trotz der großen Anzahl an sim<sup>TD</sup> Funktionen verhältnismäßig wenig eigenständige Tests spezifiziert worden. Die entsprechende Zusammenfassung der begründeten Zurückweisungen inklusive den Hinweisen, wenn das entsprechende Validierungsziel in einem anderen Test aufgeht (siehe [blaue Schrift](#)) ist Tabelle 7 zu entnehmen.

Tabelle 7: Übersicht Zurückweisung Ausstattung mit IVS TVZ\_UE21

ID Validierungsziel	Funktion	Begründung für Zurückweisung TVZ_UE21
TVZ_UE21	F_1.1.1 Infrastrukturseitige Datenerfassung	Hier liegt eine Basisfunktion vor, die sich nicht mit der Ausstattungsrate IVS beschäftigt. Daher wird kein Testfall spezifiziert.
TVZ_UE21	F_1.1.2 Fahrzeugseitige Datenerfassung	Zurückgewiesen da entsprechende Szenarien von F_114 und ggf. F_122 definiert werden müssen.
TVZ_UE21	F_1.1.3 Ermittlung der Verkehrswetterlage	Die Erfassung der Verkehrslage ist für nicht relevant
TVZ_UE21	<a href="#">F_1.1.4 Ermittlung der Verkehrslage</a>	<a href="#">Das funktionsübergreifende Validierungsziel TVZ_UE21 wird durch den Test-/Versuchsfall T_F_1.1.4_02_K0105_K02xx_K03xx (insbesondere durch die noch ergänzte Testkonfiguration 2) abgedeckt.</a>
TVZ_UE21	F_1.1.5 Identifikation von Verkehrseignissen	Hier liegt eine Basisfunktion vor, die sich nicht mit der Ausstattungsrate IVS beschäftigt. Daher wird kein Testfall spezifiziert.
TVZ_UE21	<a href="#">F_1.2.2 Baustelleninformationssystem</a>	<a href="#">Ablehnung, da T_F_1.2.2_06_K0112 und T_F_1.2.2_07_K0112 entsprechend spezifiziert ist.</a>
TVZ_UE21	F_1.2.3 Erweiterte Navigation	Test zurückgewiesen. Begründung:

ID Validierungsziel	Funktion	Begründung für Zurückweisung TVZ_UE21
		<p>1.) Die Performance der Anwendung ist stark von F_121 und der Gesamtverkehrslage abhängig. Aus diesem Grund ist eine Abschätzung aufgrund der dort definierten Tests möglich.</p> <p>2.) Ob die Funktion abhängig von der Ausstattungsrate eine verkehrliche Wirkung hat, ist im Feld aufgrund der Wechselwirkungen, z.B. mit der Umleitungsempfehlung, schwierig nachzuweisen</p> <p>3.) Aufgrund der geringen Anzahl der sim<sup>TD</sup> Funktionen im Vergleich zur Gesamtheit des Verkehrs ist das Phänomen der "Überlasteten Alternativroute" unwahrscheinlich zu beobachten.</p>
TVZ_UE21	F_1.3.1 Umleitungsmanagement	Die IVS- Ausstattungsrate hat keine direkten Auswirkungen auf die Funktion F_1.3.1, sondern nur indirekt hinsichtlich der Qualität der zugrunde liegenden Verkehrslageermittlung in F_1.1.4. Daher wird das Validierungsziel für F_1.3.1 zurückgewiesen.
TVZ_UE21	F_1.3.2 Lichtsignalanlagen Netzsteuerung	Unsere Funktion läuft ausschließlich in der IGLZ und in der IRS und hat mit der IVS nichts zu tun. Wir gehen davon aus, dass jedes sim <sup>TD</sup> -Fahrzeug CAMs und DENs in die Umfeldtabelle der IRS ablegt, auf die wir mit unserer Funktion zugreifen. Ein Zugriff auf die IVS oder deren Umfeldtabelle ist nicht vorgesehen.
TVZ_UE21	F_2.1.1 Hinderniswarnung	Für die Hinderniswarnung ist i. A. nur ein Sender notwendig. Fragen zur Genauigkeit der Positionierung werden in anderen VZ abgehandelt.
TVZ_UE21	F_2.1.2 Stauendewarnung	Das Validierungsziel wurde zurückgewiesen, weil bereits in den Validierungszielen F_212_1, F_212_2 und F_212_KLT eine Variation der lokalen Ausstattungsrate mit 802.11p erfolgt. Durch den Vergleich mit der realen Verkehrslage aus Schleifendaten kann auf die reale Ausstattungsrate geschlossen werden.
TVZ_UE21	F_2.1.3 Straßenwetterwarnung	Die Erfassung der Verkehrslage ist für uns nicht relevant
TVZ_UE21	F_2.1.4 Einsatzfahrzeugwarnung	Für die Einsatzfahrzeugwarnung ist nur ein Sender notwendig. Die Mobilfunkkommunikation wird mit der Einsatzfahrzeugwarnung nicht untersucht.
TVZ_UE21	F_2.2.1 Verkehrszeichenassistent	Trifft nicht zu für VZA.

ID Validierungsziel	Funktion	Begründung für Zurückweisung TVZ_UE21
TVZ_UE21	F_2.2.2 Ampelphasenassistent	irrelevant für Funktion
TVZ_UE21	F_2.2.3 Längsführungsassistent	Für F_2.2.3 sind genau zwei ausgestattete Fahrzeuge ausreichend. Die Funktion wird nicht automatisch besser, wenn mehr Fzg. ausgestattet sind. Daher spielt die Ausstattungsrate keine Rolle.
TVZ_UE21	F_2.2.4 Kreuzungs- Querassistent	- Die Abhängigkeit der Funktion von der Ausstattungsrate mit IVS ist bekannt und bedarf keiner experimentellen Analyse (Sender- und Empfängerfahrzeug benötigen zwingend eine IVS, damit die Assistenzfunktion zwischen den beiden Fahrzeugen zur Verfügung steht). - Die Abhängigkeit der Funktion von der Ausstattungsrate mit IRS ist ebenfalls bekannt (Für den Empfang der Kreuzungstopologie per Funk wird eine IRS in Funkreichweite benötigt, für den Empfang trotz Sichtverdeckungen wird eine IRS im Kreuzungsinnenbereich benötigt, welche die Informationen vermittelt). Die Funktion steht nur an so ausgestatteten Kreuzungen zur Verfügung, weitere Abhängigkeiten von der Ausstattungsrate sind für die Assistenzfunktion 2.2.4 nicht zu untersuchen.
TVZ_UE21	F_3.1.1 Internetbasierte Dienstnutzung	Das VZ "Ausstattungsrate der IVS" ist für die Funktion 3.1.1 nicht relevant. Die einzelne IVS's benutzen die Funktion über Mobilfunk. Der evtl. Einfluss der Ausstattungsrate von IVS aufs Performance der Funktion ist vermutlich mit der für sim <sup>TD</sup> vorgesehenen Flotte nicht zu testen, da die max. Anzahl von 400 IVS zu klein fürs Die Ausstattungsrate mit 802.11p ist für die Funktion irrelevant. Die Ausstattung der eigenen IVS mit Mobilfunk ist zwingende Voraussetzung, die anderer IVS mit Mobilfunk ist irrelevant (es sei denn, sie blockieren die Mobilfunkkommunikation, was unwahrscheinlich ist). Die Versorgungsqualität mit Mobilfunk ist kein Untersuchungsgegenstand von sim <sup>TD</sup> , wird trotzdem aber auch schon mit TVZ_3.1.2_15 indirekt ermittelt. Dort wird die Zeitdauer zwischen Informationsanfrage durch den Nutzer und Informationsdarstellung betrachtet. Daran hat die Mobilfunkversorgung erheblichen Anteil. Es ist also kein separater Testfall erforderlich. Mobilfunknetzwerk ist.
TVZ_UE21	F_3.1.2 Standortinformationsdienste	Die Ausstattungsrate mit 802.11p ist für die Funktion irrelevant. Die Ausstattung der eigenen IVS mit Mobilfunk

ID Validierungsziel	Funktion	Begründung für Zurückweisung TVZ_UE21
		<p>ist zwingende Voraussetzung, die anderer IVS mit Mobilfunk ist irrelevant (es sei denn, sie blockieren die Mobilfunkkommunikation, was unwahrscheinlich ist).</p> <p>Die Versorgungsqualität mit Mobilfunk ist kein Untersuchungsgegenstand von sim<sup>TD</sup>, wird trotzdem aber auch schon mit TVZ_3.1.2_15 indirekt ermittelt.</p> <p>Dort wird die Zeitdauer zwischen Informationsanfrage durch den Nutzer und Informationsdarstellung betrachtet. Daran hat die Mobilfunkversorgung erheblichen Anteil.</p> <p>Es ist also kein separater Testfall erforderlich.</p>
TVZ_F1.1.4_3	F_1.1.4 Ermittlung der Verkehrslage	Test siehe T_F_1.1.4_02_K0105_K02xx_K03xx
TVZ_F1.2.3_11	F_1.2.3 erweiterte Navigation	"Schwingendes System" durch sim <sup>TD</sup> Ausstattungsraten wohl kaum zu erzeugen, ist ein Fall für die intern durch das FET durchgeführten Simulationen.

### 2.1.3 Kommunikationsversuche

Die C2X-Kommunikation ist die Basis für die Funktionen und somit zentraler Bestandteil bei sim<sup>TD</sup>. Alle Funktionen nutzen eine oder mehrere der Kommunikationstechnologien IEEE 802.11p (pWLAN), IEEE 802.11b/g (cWLAN) und Mobilfunk (GPRS/EDGE/UMTS). Nur wenn diese Technologien den Anforderungen systemtechnisch und implementierungstechnisch nachkommen, kann auch eine Beurteilung der Funktionen erfolgen. Bei der Spezifikation der Versuche wurden insbesondere die Ergebnisse aus AP12 und die Anforderungen aus AP51 berücksichtigt.

Wichtige Kriterien zur Beurteilung der Kommunikationssysteme ist die Reichweite in unterschiedlichen Umgebungen und das Lastverhalten in verschiedenen Szenarien. Weiterhin umfassen die Tests und Versuche auch die Überprüfung wesentlicher Komponentenparameter wie die korrekte Sendeleistung und die korrekte Darstellung der Empfangsleistung, da diese Parameter die Grundlage für die Auswertung der anderen Versuche sind. Ein weiterer wichtiger Block der Versuche betrifft den Geocast-Server für Mobilfunk, welcher die für eine geografische Region relevanten Nachrichten verteilt.

Einige Versuche zu IEEE 802.11p und IEEE 802.11b/g lassen sich gemeinsam in einem Template erfassen da die technischen Unterschiede der beiden Technologien im Ad Hoc Modus sehr gering sind. Für IEEE 802.11p werden noch zusätzliche Versuche im Bereich Geo Broadcasting spezifiziert, welche für IEEE 802.11b/g nicht relevant sind. Beim Geo Broadcasting wird eine von einem Fahrzeug über WLAN versendete Nachricht von anderen Fahrzeugen empfangen und weitergeleitet. Die Versuche zu Mobilfunk werden in getrennten Templates erfasst, da die Versuchsvorgehensweise und Auswertung sich wesentlich von der WLAN-Technologie unterscheiden.

Bei den Versuchen wird zwischen zwei verschiedene Methoden der Auswertung unterschieden. Bei einigen Versuchen wird die Datenerhebung der Messgrößen nur während des Versuchs stattfinden, so dass diese direkt nach Beendigung des Versuchs zur Auswertung zur Verfügung stehen. Bei den anderen Versuchen erfolgt die Datenerhebung der Messgrößen mittels Dauerlogging über den gesamten Zeitraum der Versuche. Hierdurch

kann eine statistische Auswertung einiger relevanter Kommunikationsparameter erreicht werden. Dabei ist es notwendig, dass für die Versuche mit Dauerlogging einige Wochen nach Beginn und vor dem Ende der Versuche eine erste vereinfachte Zwischenauswertung stattfindet, um sicherzustellen, dass die Messgrößenerhebung komplett und korrekt ist.

Die Kommunikationsversuche sind nach den folgenden Themenbereichen gegliedert:

- WLAN (802.11p, 802.11b/g)
- Mobilfunk
- Geocast-Server

Die Benennung der Mess- und Stellgrößen hat den endgültigen Stand noch nicht erreicht, da der Abstimmungsprozess mit den Komponentenentwicklern noch nicht abgeschlossen ist. Sobald die Datenbank aus AP24 zu den Mess- und Stellgrößen fertig gestellt ist können die Mess- und Stellgrößen ihre endgültigen Namen in den ausgefüllten Templates bekommen.

Die Spezifikation der Test- und Versuchsfälle zur Kommunikation befinden sich in Anhang 1. Einen Überblick geben die nachfolgenden Tabellen.

Tabelle 8: Versuche und Tests zur WLAN-Kommunikation

Test-ID	Kurzbeschreibung	Basis VZ aus D12.2
T_KOM_01_K0102	Dauerprotokollierung der Paketfehlerrate zur Charakterisierung der Kommunikationsqualität	TVZ_PWLAN_1 TVZ_CWLAN_1 TVZ_CWLAN_11
T_KOM_02_K0102	Dauerprotokollierung der Kanallast zur Charakterisierung der Kommunikationsqualität	TVZ_PWLAN_9 TVZ_CWLAN_10 TVZ_PWLAN_2
T_KOM_03_K0102	Dauerprotokollierung des Datendurchsatzes als Kennzahl der Leistungsfähigkeit eines Kommunikationssystems	TVZ_PWLAN_8 TVZ_CWLAN_9
T_KOM_04_K0105	Reichweitenmessung mit Sichtverbindung	TVZ_PWLAN_1 TVZ_CWLAN_1
T_KOM_05_K0104	Lastverhalten der Kommunikationstechnologie 802.11p für Single-Hop-GeoBroadcasts mit und ohne Überlastkontrolle.	TVZ_PWLAN_9
T_KOM_06_K0105	Lastverhalten der Kommunikationstechnologie 802.11p für Multi-Hop-GeoBroadcast	TVZ_PWLAN_9
T_KOM_07_K0100	Effektivität und Effizienz der Multi-Hop-GeoBroadcastverfahren Simple-GeoBroadcast und GeoBroadcast mit Contention Based Forwarding (CBF)	TVZ_PWLAN_3
T_KOM_08_K0100	Effektivität der Paketzwischenspeicherung für Simple GeoBroadcasting	TVZ_PWLAN_10
T_KOM_09_K0102	Richtigkeit/Genauigkeit der Hochfrequenzverkabelung	TVZ_PWLAN_6 TVZ_CWLAN_7
T_KOM_10_K0100	Zeitverhalten/Zeitdauer Latenz	TVZ_PWLAN_12 TVZ_CWLAN_13
T_KOM_11_K0104_K0202	Richtigkeit/Genauigkeit der gelieferten WLAN-Empfangsleistung der IVS	TVZ_PWLAN_4 TVZ_CWLAN_5
T_KOM_12_K0103_K0201	Richtigkeit/Genauigkeit der gelieferten WLAN-	TVZ_PWLAN_5

	Sendeleistung	TVZ_CWLAN_6
T_KOM_13_K0105	WLAN-Kommunikationsqualität in bebautem Gebiet	TVZ_PWLAN_17

Tabelle 9: Versuche und Tests zur Mobilfunk-Kommunikation

Test-ID	Kurzbeschreibung	Basis VZ aus D12.2
T_KOM_14_K0102	Genauigkeit/Richtigkeit der vom Mobilfunkmodul gelieferten Empfangsleistung und der Eigenschaften der Hochfrequenzverkabelung	TVZ_UMTS_5 TVZ_UMTS_7
T_KOM_15_K0103	Genauigkeit/Richtigkeit der gelieferten Sendeleistung	TVZ_UMTS_6
T_KOM_16_K0101	Reichweite/Abdeckung/Verfügbarkeit	TVZ_UMTS_1 TVZ_UMTS_2 TVZ_UMTS_10 TVZ_UMTS_11 TVZ_UMTS_12 TVZ_UMTS_14
T_KOM_17_K0101	Fehlerfreiheit/Auslastung und Latenz der Mobilfunksysteme	TVZ_UMTS_3 TVZ_UMTS_4 TVZ_UMTS_9 TVZ_UMTS_10 TVZ_UMTS_12 TVZ_UMTS_13 TVZ_UMTS_14

Tabelle 10: Versuche und Tests zum Geocast-Server

Test-ID	Kurzbeschreibung	Basis VZ aus D12.2
T_KOM_18_K0109	Test der angemessenen Auslegung und Funktionsweise am Prüfstand	TVZ_GEOSERVER_1 TVZ_GEOSERVER_2 TVZ_GEOSERVER_4
T_KOM_19_K0109	Test der angemessenen Auslegung und Funktionsweise im Testfeld	TVZ_GEOSERVER_1 TVZ_GEOSERVER_2 TVZ_GEOSERVER_4
T_KOM_20_K0101_K0201	Zeitverhalten Mobilfunk-Geocast Fahrzeug-zu-Fahrzeug	TVZ_GEOSERVER_2 TVZ_GEOSERVER_6
T_KOM_21_K0101_K0201	Zeitverhalten Mobilfunk-Geocast Infrastruktur-zu-Fahrzeug	TVZ_GEOSERVER_2 TVZ_GEOSERVER_7
T_KOM_22_K0101_K0201	Korrekte Funktion des Geoservers auch bei fehlerhaften Netzwerkpaketen	TVZ_GEOSERVER_3
T_KOM_23_K0104	Verfügbarkeit des GeoServers	TVZ_GEOSERVER_5

Einige der Validierungsziele aus D12.2 haben sich bei der Ausarbeitung der Tests und Versuche als nicht relevant dargestellt. Diese sind bereits in anderen Zielen enthalten, Ergebnisse können der Literatur entnommen werden oder sind zu stark von den gewählten Komponenten abhängig. Die nachfolgenden Tabelle gibt hierzu einen Überblick.



Tabelle 11: Zurückweisung WLAN-Kommunikation

Basis VZ	Begründung für Zurückweisung	Auswirkung auf FET
TVZ_CWLAN_2	Abdeckung von cWLAN liefert keine Aussage zu Kommunikationsqualität	Nein
TVZ_CWLAN_3	Datenraten für cWLAN aus Literatur bekannt	Nein
TVZ_CWLAN_4	Fehlerraten für cWLAN aus Literatur bekannt	Nein
TVZ_CWLAN_8	MTBF ist von aktueller gewählter Komponente abhängig. Es ist aber keine Aussage über zukünftiges Seriengerät möglich.	Nein
TVZ_CWLAN_9	Datenraten für cWLAN aus Literatur bekannt	Nein
TVZ_CWLAN_12	Dauer Verbindungsaufbau aus Literatur bekannt	Nein
TVZ_CWLAN_14	Zeit des Verbindungsaufbaus ist stark von gewählter Komponente abhängig.	Nein
TVZ_PWLAN_7	MTBF ist von aktueller gewählter Komponente abhängig. Es ist aber keine Aussage über zukünftiges Seriengerät möglich.	Nein
TVZ_PWLAN_11	pWLAN im Broadcast Mode ohne echten Verbindungsaufbau	Nein
TVZ_PWLAN_12	Latenz bei der Übertragung im Mikrosekundenbereich und nicht relevant	Nein
TVZ_PWLAN_13	pWLAN im Broadcast Mode ohne echten Verbindungsaufbau	Nein

Tabelle 12: Zurückweisung Mobilfunkkommunikation

Basis VZ	Begründung für Zurückweisung	Auswirkung auf FET
TVZ_UMTS_8	MTBF ist von aktueller gewählter (prototypischen) Komponente abhängig. Hier kann man nicht auf Reife bzw. Verfügbarkeit einer zukünftigen serienreifen Ausstattung rückschließen. Es ist daher keine Aussage über zukünftiges Seriengerät möglich.	Nein

## 2.1.4 IT-Sicherheit

In einem Car2X-System, wie es in sim<sup>TD</sup> umgesetzt wird, spielt die IT-Sicherheit eine entscheidende Rolle. Wenn die Authentizität von Nachrichten nicht garantiert werden kann, private Daten für jedermann lesbar übertragen werden oder Aufenthaltsorte und Reiserouten

von Fahrern öffentlich zugänglich sind, ist sowohl die Funktion des gesamten Systems, als auch die Akzeptanz durch die Benutzer gefährdet. Daher muss das gesamte System durch geeignete IT-Sicherheitsmaßnahmen geschützt werden. Für sim<sup>TD</sup> wurde aus diesem Grund eine IT-Sicherheits- und Bedrohungsanalyse durchgeführt, aus der die IT-Sicherheitsarchitektur und die notwendigen IT-Sicherheitsmaßnahmen abgeleitet wurden (siehe Deliverable D21.5).

Die korrekte Umsetzung dieser IT-Sicherheitsmaßnahmen erfolgt größtenteils in den speziellen IT-Sicherheitskomponenten im Fahrzeug (IVS.CCU und IVS.AU), sowie in den Roadside Stations (IRS.CCU und IRS.AU) und in der Zentrale (ICS). Die korrekte Umsetzung dieser IT-Sicherheitskomponenten wird bereits in den Funktionstests zur Komponentenabnahme untersucht. Durch diese Tests kann jedoch nicht sichergestellt werden, dass alle IT-Sicherheitsmaßnahmen auf Ebene des Gesamtsystems korrekt eingesetzt werden. Durch die Zusammenschaltung der verschiedenen Systemkomponenten kann es zu einem unerwarteten Verhalten kommen, durch das nicht offensichtliche Sicherheitslücken entstehen können.

Für eine abschließende Aussage, ob alle IT-Sicherheitsanforderungen auf Ebene des Gesamtsystems durchgängig erfüllt sind, benötigt es eine IT-Sicherheitsvalidierung. Diese besteht aus mehreren Testfällen, basierend auf den in AP12 erarbeiteten Validierungszielen (siehe Deliverable D12.2 [2]). Die im Anhang 1 dargestellten Test- und Versuchsfälle für die IT-Sicherheit beschreiben die Anforderungen, Ziele und Schritte, die notwendig sind um die Validierung durchzuführen. Einige Tests enthalten dazu Schritte, in denen aus Sicht eines Angreifers aktive Angriffe auf bestimmte Bereiche des Gesamtsystems durchgeführt werden. Die Qualität und Aussagekraft dieser „Angriffstests“ basiert sehr stark auf den zur Angriffssimulation genutzten Daten (z.B. im Prüfstand die Traceplayer Daten). Die Vorbereitung von Daten, ist nur für wenige potentielle Angriffe möglich – deshalb müssen die Tests der IT-Sicherheitsvalidierung durch erfahrene IT-Sicherheitsexperten durchgeführt werden, die basierend auf den Reaktionen des Systems mögliche Schwachstellen erkennen und die Test sowie die Testdaten iterativ verfeinern.

Die Spezifikation der Test- und Versuchsfälle zur IT-Sicherheit befinden sich in Anhang 1. Einen Überblick geben die nachfolgenden Tabellen.

Tabelle 13: Technische Versuche und Tests zur IT-Sicherheit

Test-ID	Kurzbeschreibung	Basis VZ aus D12.2
T_SEC_01_K0101	Validierung der Signaturprüfung der C2X-Kommunikation: Prüfung ob alle Nachrichten signiert sind	TVZ_SEC_1
T_SEC_02_K0105	Validierung der Signaturprüfung der C2X-Kommunikation – Invalide Nachrichten	TVZ_SEC_2
T_SEC_03_K0103	Validierung der Plausibilitätsprüfung (Prüfstand)	TVZ_SEC_3
T_SEC_04_K0100	Validierung der Plausibilitätsprüfung	TVZ_SEC_3
T_SEC_05_K0100	Auswirkungen der Pseudonymwechselsperre	TVZ_SEC_4
T_SEC_06_K0100	Schutz der Privatsphäre durch gleichzeitigen Wechsel der Identifikatoren auf allen Ebenen	TVZ_SEC_5
T_SEC_07_K0102	Schutz vertraulicher Daten - Verschlüsselung	TVZ_SEC_6 TVZ_SEC_7



T_SEC_08_K0101	Die implementierten Sicherheitsfunktionen halten Penetrationstests stand	TVZ_SEC_8
T_SEC_09_K0100	Whiteboxanalyse des IT-Sicherheitssystems	TVZ_SEC_9 TVZ_SEC_10

### 2.1.5 Bessere Ortung

Aufgabe der Systemkomponente „Bessere Ortung“ ist die Filterung der GNSS<sup>2</sup>-Rohdaten unter der Verwendung der verfügbaren Fahrzeugdaten mit dem Ziel, kurzzeitige GNSS-Ausfälle und kurzzeitige Störeinflüsse (z.B. Positionssprünge infolge von „Multipath-Effekten“, d.h. Mehrfachreflektionen) zu überbrücken.

Durch eine Kalmanfilterung wird eine an die Fahrzeugdynamik optimal angepasste, möglichst stabile und robuste Positionsschätzung bereitgestellt. Dadurch wird auch eine verbesserte Genauigkeitsschätzung der Position ermöglicht. Position und Genauigkeitsschätzung sind mathematisch im Mittel unter den gegebenen Annahmen optimal, jedoch kann im Einzelfall die Einhaltung von Schwellwerten wegen der Abhängigkeit von zahlreichen externen Faktoren (Güte der Eingangssignale, Erfüllung der Modellannahmen, sonstige nicht kontrollierbare Einflussfaktoren wie z. B. Satellitenkonstellation und Empfangsbedingungen) nicht im Sinne einer Validierung gewährleistet werden (vgl. die Abschnitte zur Besseren Ortung in D21.2, D22.1).

Zur Erzielung eines möglichst guten Filterergebnisses ist eine Parametrisierung des Filters für das jeweilige Fahrzeug erforderlich. In sim<sup>TD</sup> werden unterschiedliche Fahrzeugmodelle verwendet, so dass zumindest eine Parametrisierung für das jeweilige Fahrzeugmodell durchgeführt werden soll. Fahrzeug- und betriebszustandspezifische Abweichungen (z.B. variierende Beladung, Reifentyp und -zustand) werden aus Praktikabilitätsgründen nicht mehr berücksichtigt.

Ziel der im Anhang 1 enthaltenen Testfallbeschreibung ist es daher, eine möglichst objektive Bewertung der insgesamt erreichten Funktionsgüte der Besseren Ortung für die unterschiedlichen Fahrzeuge/Fahrzeugmodelle zu ermöglichen. Als Baseline für die Bewertung werden die im Test erfassten GNSS-Rohdaten sowie die Relation zu Vergleichsdaten anderer getesteter Fahrzeuge verwendet. Durch Verwendung eines standardisierten Testparcours wird möglichst gute Vergleichbarkeit unter den gegebenen Umständen erreicht.

Die Spezifikation der Test- und Versuchsfälle zur Besseren Ortung befinden sich in Anhang 1. Einen Überblick geben die nachfolgenden Tabellen.

Tabelle 14: Technische Versuche und Tests zur Besseren Ortung

Test-ID	Kurzbeschreibung	Basis VZ aus D12.2
T_BOR_01_K0106_K0204	Test der Positionsdatengüte auf einem Testparcours.	TVZ_IVS_BO_1 TVZ_IVS_BO_2 TVZ_IVS_BO_3 TVZ_IVS_BO_4

<sup>2</sup> GNSS: Globales Navigations-Satelliten-System, z.B. GPS, Galileo.

## 2.1.6 Zusammenfassung Gesamtsystem

Basierend auf den technischen Validierungszielen des D12.2 [2] wurden 39 technische Test- und Versuchsfälle für das Gesamtsystem spezifiziert. Diese Spezifikationen umfassen die Themenbereiche Ausstattung mit IRS, Ausstattung mit IVS, Kommunikationsversuche, Tests zur IT-Sicherheit sowie zur Besseren Ortung.

Zur Übersicht beinhaltet folgende Tabelle 15 eine Zusammenfassung aller technischen Tests und Versuche des Gesamtsystems inklusive ihrer ID sowie Angaben zu der Testart, zu dem Testort und soweit möglich und in den Tests angegeben Informationen zu der benötigten Fahrzeuganzahl sowie der ISO-Kategorie des zugrundeliegenden Validierungsziels. Letztgenannte Zuordnung ist aufgrund der Gliederung der Validierungsziele im AP12 nicht immer möglich.

Tabelle 15: Zusammenfassung technische Tests und Versuche des Gesamtsystems

	Testart			Testort						Anzahl	Validierungsziel der ISO-Kategorie					
	Validierung	Optimierung	Charakterisierung	Prüfstand	Simulation	Testgelände	freie Flotte	naive Fahrer	Expertenfahrer		Fahrzeuge	Funktionalität	Zuverlässigkeit	Effizienz	Änderbarkeit	Übertragbarkeit
Ausstattung mit IRS																
T_IRS_01_K0104_K0200	x	x					x	x	20-100							
T_IRS_02_K0104_K0203										x	1					
T_IRS_03_K0103	x							x	1							

Ausstattung mit IVS																
T_IVS_01_K0103_K0203_K0303_K0403_K0503_K0603_K0703_K0803_K0903	x							x	x							
T_IVS_02_K0100_K0200		x		(x)				x						x		
T_F_2.1.1_07_K0115	x				x					1		x				

Kommunikationsversuche																		
T_KOM_01_K0102	x	x					x	x	x	alle		x						
T_KOM_02_K0102							x	x	x		alle		x					
T_KOM_03_K0102							x	x	x		alle		x					
T_KOM_04_K0105						x					x	2	x					
T_KOM_05_K0104						x						21		x				
T_KOM_06_K0105											x	bis 8		x				
T_KOM_07_K0100											x	13	x					
T_KOM_08_K0100											x	7		x				
T_KOM_09_K0102							x						x					
T_KOM_10_K0100									x		x	x	alle				x	
T_KOM_11_K0104_K0202						x		x					3	x				
T_KOM_12_K0103_K0201						x		x					3	x				

	Testart			Testort						Anzahl	Validierungsziel der ISO-Kategorie				
	Validierung	Optimierung	Charakterisierung	Prüfstand	Simulation	Testgelände	freie Flotte	naive Fahrer	Expertenfahrer	Fahrzeuge	Funktionalität	Zuverlässigkeit	Effizienz	Änderbarkeit	Übertragbarkeit
T_KOM_13_K0105			3			x			x	2					
T_KOM_14_K0101	x	x				x		x	x	1	x				
T_KOM_15_K0103	x			x							x				
T_KOM_16_K0100			x				x	x	x	alle	x	x	x		
T_KOM_17_K0100			x				x	x	x	alle		x	x		
T_KOM_18_K0109	x			x											
T_KOM_19_K0109	x					x				alle HD					
T_KOM_20_K0100_K0200			x			x	x	x	x	50					
T_KOM_21_K0100_K0200			x			x	x	x	x						
T_KOM_22_K0100_K0200	x			Labor											
T_KOM_23_K0104		x	x	Versuchs- zentrale											

IT-Sicherheit															
T_SEC_01_K0101	x			x		x				2	x				
T_SEC_02_K0105	x			x		x					x				
T_SEC_03_K0103	x			x						1	x				
T_SEC_04_K0100	x					x	x	x	x		x				
T_SEC_05_K0100	x					x	x	x	x		x				
T_SEC_06_K0100	x			x		x					x				
T_SEC_07_K0102	x			x		x				1	x				
T_SEC_08_K0101	x			x		x					x				
T_SEC_09_K0100	x										x				

Bessere Ortung															
T_BOR_01_K0106_K0204		x				x				1					

## 2.2 Technische Tests und Versuche der Funktionen

Neben den oben beschriebenen technischen Tests und Versuchen zum Gesamtsystem gibt es gesondert die technischen Tests und Versuche der 21 sim<sup>TD</sup> Funktionen. Diese Funktionen werden einzeln auf unterschiedliche, weitgehend technische Kriterien, wie bspw. die korrekte Funktionalität hin überprüft.

Folgend wird das Vorgehen sowie Ergebnis der Spezifikation technischer Test- und Versuchsfälle der Funktionen beschrieben, welche im Rahmen der Arbeiten des AP13 ermittelt werden. Dabei wird nochmals unterschieden zwischen technischen Test und Versuchen der Funktionen basierend auf funktionspezifisch formulierten Validierungszielen und technischen Test und Versuchen basierend auf funktionsübergreifend formulierten Validierungszielen.

## 2.2.1 Allgemeines Vorgehen zur Spezifikation von Tests und technischen Versuchen

Ausgangspunkt für die Spezifikation von technischen Tests und Versuchen im AP13 stellen die im D12.2 [2] definierten technischen Validierungsziele (tVZ) der Funktionen sowie die zugehörigen Metriken und Messmethoden dar. Dabei hat jeder Test- und Versuchsfall zum Ziel, mindestens ein, häufig auch mehrere Validierungsziele (VZ) abzudecken.

Des Weiteren fließen die Arbeiten des D11.3 [3] aus AP11 in die Test- und Versuchsspezifikation ein. Zum einen werden die funktionsbezogenen Test- und Versuchsfälle von den FETs gemeinsam mit AP13-Vertretern spezifiziert, so dass die Fachkenntnis um eine Funktion aus dem FET direkt in den Test- bzw. Versuchsfall eingehen kann. Zum anderen referenziert jeder technische Test- und Versuchsfall bestimmte Teile der jeweiligen Funktionsspezifikation, was den FETs einen Überblick über die Spezifikationsabdeckung ermöglicht.

Die Ermittlung der technischen Test- und Versuchsfälle gliedert sich in folgende Schritte:

1. Erstellung eines tabellarisch gegliederten Templates zur Spezifikation von technischen Test- und Versuchsfällen zur Durchführung einer Validierung, Optimierung oder Charakterisierung (technisches Template siehe Kapitel 2).  
Dieser Schritt gilt für die Spezifikation aller Tests und Versuche des D13.2.
2. Analyse der von AP12 mit dem D12.2 [2] gelieferten technischen Validierungszielen
3. Spezifikation von technischen Test- und Versuchsfällen zur Durchführung einer Validierung, Optimierung oder Charakterisierung durch Ausfüllen der Templates durch die FETs.  
Basis für die Tests sind zum einen funktionspezifisch formulierte Validierungsziele des D12.2 [2] und zum anderen sechs ausgewählte funktionsübergreifend formulierte Validierungsziele (siehe Kapitel 2.2.2).
4. Qualitätssicherung der ausgefüllten Templates durch die Taskforce technische Tests und Versuche (Erläuterung siehe Kapitel 2.2.3)
5. Konsistenzcheck hinsichtlich ausgewählter Aspekte durch einen Vertreter der Taskforce technische Tests und Versuche (Erläuterung siehe Kapitel 2.2.3)
6. Überarbeitung der Spezifikationen durch die FETs
7. Bereitstellung des D13.2

Zur Realisierung der notwendigen technischen Untersuchungen stehen den FETs in sim<sup>TD</sup> sechs verschiedene Test- und Versuchsumgebungen zur Verfügung:

- Prüfstand
- Simulation
- Testgelände
- Versuchsgebiet freie Flotte
- Versuchsgebiet kontrollierte Flotte naive Fahrer
- Versuchsgebiet kontrollierte Flotte Expertenfahrer

Da sich der Prüfstand noch im Aufbau befindet, ist anzumerken, dass alle dort stattfindenden Tests zwar im Rahmen des AP13 mitspezifiziert werden, die endgültige Testerstellung jedoch im TP3 stattfinden wird. Der Prüfstand selbst wird ab August 2010, bereitgestellt durch das AP24, zur Verfügung stehen. Die bereits jetzt spezifizierten technischen Test- und Versuchsfälle mit der Durchführungsumgebung Prüfstand dienen dazu, die Anforderungen

der FETs an den Prüfstand zu ermitteln sowie als Grundlage für die spätere Testerstellung. Dies gilt natürlich auch für alle anderen Test- und Versuchsumgebungen.

Des Weiteren ist hinsichtlich der Simulation darauf hinzuweisen, dass für technische Tests keine Grundlage existiert. Werden also technische Simulationen durch die FETs gefordert, müssen sie diese eigenständig realisieren. Die Verkehrssimulation der TU München und die Fahrsimulation der Universität Würzburg dienen in sim<sup>TD</sup> ausschließlich zur Ermittlung von Wirkungen bezüglich der nichttechnischen Fragestellungen Nutzerakzeptanz, Fahr- und Verkehrseffizienz sowie Fahr- und Verkehrssicherheit.

## 2.2.2 Auswahl der funktionsübergreifenden Validierungsziele

Neben funktionsspezifischen Validierungszielen wurden im AP12 dreizehn funktionsübergreifend formulierbare Validierungsziele definiert, zu welchen die FETs im Rahmen des AP13 Tests spezifizieren.

Zur Unterscheidung:

- Funktionsspezifische Validierungsziele sind direkt auf die Eigenschaften einer Funktion zugeschnitten und können nicht auf andere Funktionen übertragen werden.
- Funktionsübergreifend formulierbare VZ hingegen sind für alle Funktionen gleichlautend formuliert. Die Tests bzw. Versuche zu diesen Validierungszielen unterscheiden sich jedoch.

Bei einigen der dreizehn im D12.2 definierten Validierungsziele handelt es sich jedoch um reine Abnahmetests, welche deshalb auch nicht im Rahmen von AP13 sondern von TP2 geprüft werden. U.a. aus diesem Grund entsteht folgende Auswahl von noch sechs Validierungszielen, welche als Basis der funktionsübergreifenden Spezifikationen an die FETs weitergegeben wird (siehe Tabelle 16).

Die FETs sind angehalten, für alle Validierungsziele Testfälle zu spezifizieren. Sollten sich Validierungsziele für eine Funktion jedoch als nicht realisierbar oder obsolet erweisen, so können diese begründet zurückgewiesen werden. (siehe Kapitel 2.2.4.2).

Gründe dafür können sein, dass nicht jedes Validierungsziel für alle Funktionen im Zusammenhang des sim<sup>TD</sup>-Projekts relevant ist oder manches Validierungsziel bereits durch Tests basierend auf funktionsspezifischen Validierungszielen abgedeckt wird. So lassen sich in der Regel auch Aussagen zur Zuverlässigkeit bzw. Stabilität durch geschicktes Logging für die freie Flotte realisieren oder eben in bereits bestehende Spezifikationen integrieren.

Tabelle 16: Übersicht der funktionsübergreifend formulierten VZ als Basis der Testspezifikation

ID	Kategorie	Art	Zielbeschreibung	Priorität	Kenngroße	Skala	Interpretation	Methode	Berechnungsgrößen	Benötigte Messgrößen
Funktionalität										
TVZ_UE_1	Ordnungsmäßigkeit	V	Merkmale von Software, die bewirken, dass die Software anwendungsspezifische Normen oder Vereinbarungen oder gesetzliche Bestimmungen und ähnliche Vorschriften erfüllt. Prüfung der Konformität zur STVO (Hier ist gemeint, dass durch die Funktion keine Anweisungen gegen die StVO gegeben werden, also vereinbar damit ist.)	<b>mittel</b>	Konformität zur STVO $X = A/T$	ratio	$0 \leq X$ , je kleiner desto besser	Fahrerbefragung und Auswertung der Logs zu Anweisungen, die im Widerspruch zur STVO stehen (STVO Verletzungen). Eine STVO Verletzung wird bei ihrem erstmaligen auftreten gezählt. Die Anzahl der STVO Verletzungen werden über die Betriebszeit der Funktion normiert.	$X =$ STVO Verletzungen $T =$ Betriebszeit_Funktion $A =$ Anzahl der Konformitätsverstöße	LOG:EGO:VAPI:Position LOG:EGO:VAPI:Geschwindigkeit LOG:EGO:Funktionsdatenausgaben_HMI Betriebszeit_Funktion
TVZ_UE18	Richtigkeit	O	Korrektheit und Effizienz in Abhängigkeit von der Ausstattungsrate der Fahrzeuge mit 802.11p oder Mobilfunk im Straßenverkehr	<b>hoch</b>	Funktionale Korrektheit und Effizienz in Abhängigkeit von der Ausstattungsrate der Fahrzeuge $X = F$	absolut	$0 \leq X$ , je kleiner desto besser	Messung der funktionalen Korrektheit und Effizienz einer Funktion (siehe entsprechende Validierungsziele der Funktionen) bei variierenden Durchdringungsraten. Die Raten sind	$F =$ Anzahl der Funktionsfehler. Funktionsfehler definiert für jede Funktion über die Validierungszielen Funktionalität/Korrektheit, Effizienz/Zeitverhalten	
Zuverlässigkeit										
TVZ_UE4	Reife	V	Geringe Versagenshäufigkeit durch Fehlerzustände.	<b>mittel</b>	Anzahl der Ausfälle der Funktion normiert durch die Laufzeit der Funktion. $X = A/T$	ratio	$0 \leq X$ , je kleiner desto besser	Dauerläufertest im Feldversuch und zählen der Funktionsausfälle. Die Funktionsausfälle werden über die Laufzeit der Funktion normiert.	$A =$ Anzahl der Systemausfälle $T =$ Laufzeit der Funktion	LOG:XXX:XXX:Start_Verfügbarkeit_Funktion LOG:XXX:XXX:Ende_Verfügbarkeit_Funktion LOG:XXX:XXX:Funktionsausfall
				<b>mittel</b>	Maximale Ausfallzeit einer Funktion. $X = \text{MAX (TTR)}$	ratio	$0 \leq X$ , je kleiner desto besser	Dauerläufertest im Feldversuch und Messen der Zeiträume der Funktionsausfälle.	$\text{TTR} =$ Zeit zwischen dem Eintritt des Funktionsversagen und der Wiederaufnahme der	



ID	Kategorie	Art	Zielbeschreibung	Priorität	Kenngröße	Skala	Interpretation	Methode	Berechnungsgrößen	Benötigte Messgrößen
TVZ_UE6	Wiederherstellbarkeit	V	Prüfung ob die Funktion nach einem Ausfall ohne Datenverlust/Funktionseinschränkung automatisch weiterarbeiten kann? Insbesondere auf Infrastruktureseite zu prüfen.						korrekten Funktionsausführung	
				mittel	Mean Time Between Failure (MTBF). $X = T/A$	ratio	$0 < X$ , je größer X um so besser	Dauerläufer und zählen/ermitteln der Funktionsausfälle aus den LOG Daten.	$A = \text{Anzahl der Funktionsausfälle}$ $T = \text{Laufzeit der Funktion}$	LOG:XXX:XXX:Start_Verfügbarkeit_Funktion LOG:XXX:XXX:Ende_Verfügbarkeit_Funktion LOG:XXX:XXX:Funktionsausfall
				mittel	Mean Time Between Failure (MTBF). $X = \text{SUM}(T)/A$	ratio	$0 < X$ , je größer X um so besser	Dauerläufer und zählen/ermitteln der Funktionsausfälle aus den LOG Daten.	$A = \text{Anzahl der Funktionsausfälle}$ $T = \text{Laufzeitintervall, in der die Funktion verfügbar ist.}$	LOG:XXX:XXX:Start_Verfügbarkeit_Funktion LOG:XXX:XXX:Ende_Verfügbarkeit_Funktion LOG:XXX:XXX:Funktionsausfall
				mittel	Verfügbarkeit der Funktion über einen definierten Zeitraum. $X = \text{MTBF}/(\text{MTBF} + \text{MTTR})$	absolut	$0 < X < 1$ , je dichter an 1 um so besser	Dauerläufer und zählen/ermitteln der Zeiträume aus den LOG Daten .	MTBF = Mittlere Zeit zwischen dem Auftreten von Funktionsausfällen (siehe Kenngrößen) MTTR = Mittlere Zeit, zwischen Funktionsausfall und der wiederhergestellten vollen Funktionsverfügbarkeit (siehe Kenngrößen)	LOG:XXX:XXX:Start_Verfügbarkeit_Funktion LOG:XXX:XXX:Ende_Verfügbarkeit_Funktion LOG:XXX:XXX:Detektion_Funktionsausfall LOG:XXX:XXX:Start_Funktionsausfall LOG:XXX:XXX:Ende_Funktionsausfall
				mittel	Max. Dauer des Neustarts bis zur vollen Funktionsfähigkeit. $X = \text{MAX}(\text{TTR})$	ratio	$0 \leq X$ , je kleiner desto besser	Dauerläufertest im Feldversuch und Messen der Zeiträume der Funktionsausfälle.	TTR = Zeit zwischen Funktionsausfall und der wiederhergestellten vollen Funktionsverfügbarkeit (siehe Kenngrößen)	LOG:XXX:XXX:Start_Verfügbarkeit_Funktion LOG:XXX:XXX:Ende_Verfügbarkeit_Funktion LOG:XXX:XXX:Detektion_Funktionsausfall LOG:XXX:XXX:Start_Funktionsausfall LOG:XXX:XXX:Ende_Funktionsausfall
				mittel	Durchschnittliche Dauer des Neustart bis zur	ratio	$0 \leq X$ , je kleiner desto besser	Dauerläufertest im Feldversuch und Messen der Zeiträume der Funktionsausfälle.	TTR = Zeit zwischen Funktionsausfall und der wiederhergestellten vollen Funktionsverfügbarkeit	LOG:XXX:XXX:Start_Verfügbarkeit_Funktion LOG:XXX:XXX:Ende_Verfügbarkeit_Funktion



ID	Kategorie	Art	Zielbeschreibung	Priorität	Kenngroße	Skala	Interpretation	Methode	Berechnungsgrößen	Benötigte Messgrößen	
				mittel	vollen Funktionsfähigkeit (MTTR). $X = \text{SUM}(\text{TTR}/N)$				(siehe Kenngroßen)	LOG:XXX:XXX:Detektion_Funktionsausfall LOG:XXX:XXX:Start_Funktionsausfall LOG:XXX:XXX:Ende_Funktionsausfall	
					Neustarts, ohne Wiedererlangung der vollen Funktionstüchtigkeit. $X=1-A/B$	absolut	$0 < X < 1$ , je dichter an 1 umso besser	Dauerläufer und zählen/ermitteln der Neustarts aus den LOG Daten sowie Ermittlung der Anzahl der nicht erfolgreichen Neustarts	A = Anzahl der nicht erfolgreichen Neustarts B = Anzahl der Neustarts	LOG:XXX:XXX:Start_Verfügbarkeit_Funktion LOG:XXX:XXX:Ende_Verfügbarkeit_Funktion LOG:XXX:XXX:Detektion_Funktionsausfall LOG:XXX:XXX:Start_Funktionsausfall LOG:XXX:XXX:Ende_Funktionsausfall	
Effizienz											
TVZ_UE30	Skalierbarkeit	O	Funktionsverhalten unter Lastbedingungen	mittel	Richtigkeit der Funktionsergebnisse unter Lastszenarien $X=A/T$	ratio	$0 \leq X \leq 1$ , je kleiner desto besser	Betrieb der Funktion unter unterschiedlichen Bedingungen (Anzahl Benutzer, Art der Strecke). Messung des Datendurchsatzes für die verschiedenen Kommunikationstechnologien.	A = Anzahl der Funktionsfehler unter Last T=Dauer des Lastszenarios	EXTERN:Start_Lastszenario EXTERN:Ende_Lastszenario EXTERN:Anzahl_Fehler_Funktionstest	
Änderbarkeit											
TVZ_UE22	Stabilität	V	Prüfung ob die Funktion stabil arbeitet.	mittel	Anzahl der Ausfälle der Funktion normiert durch die Laufzeit der Funktion. $X= A/T$	ratio	$0 \leq X$ , je kleiner desto besser	Aufzeichnen der System/Funktionsausfälle über einen längeren Zeitraum.	A = Anzahl der Systemausfälle T = Laufzeit der Funktion	LOG:XXX:XXX:Start_Verfügbarkeit_Funktion LOG:XXX:XXX:Ende_Verfügbarkeit_Funktion LOG:XXX:XXX:Funktionsausfall	



### 2.2.3 Qualitätssicherung und Konsistenzcheck technischer Tests und Versuche

Nach den Testspezifikationen der FETs werden alle zugehörigen Spezifikationstemplates (siehe Kapitel 2) durch AP13 einer Qualitätssicherung (QS) sowie einem Konsistenzcheck (KC) unterzogen.

Ziel ist neben einer Kontrolle der Inhalte, dass alle Spezifikationen für die Kunden von AP13 verständlich und formal einheitlich verfasst sind, so dass auch Nicht-Funktionsentwickler diese Tests und Versuche später planen, durchführen und auswerten können.

Bei der QS gibt es sowohl allgemein zu beachtende als auch spezielle Hinweise zu jedem Feld des Spezifikationstemplates.

Allgemein zu beachtende Punkte sind bspw., dass kein Konjunktiv in den Dokumenten verwendet wird, um ungenaue Aussagen zu vermeiden. Gleiches gilt für weiche Formulierungen wie *signifikant* oder *mehrere*. Alle Angaben sollten so genau und zweckmäßig wie möglich nach jetzigem Wissensstand angegeben werden. Dies betreffen u.a. Angaben zu Fahrzeuganzahl, Geschwindigkeiten und Straßenklasse.

Neben diesen Hinweisen, ist bei den Tests auf Basis der funktionsübergreifend formulierten Validierungszielen zudem darauf zu achten, ob diese in die Tests auf Basis funktionsspezifischer Validierungsziele integrierbar sind und somit der Testaufwand reduziert werden und Ressourcen gespart werden können.

Nach durchgeführter QS der TF\_tTV erfolgt ein übergreifender Konsistenzcheck über alle Testspezifikationen durch zwei Vertreter der TF\_tTV. Zum einen hinsichtlich aller zu beachtenden Hinweise der QS. Zum anderen gemäß zusätzlich ausgewählter Aspekte wie:

- ID Vergabe (Siehe Kapitel 2)
- Bei Änderungen der Validierungsziele sind diese AP12 mitzuteilen (Vollständige begründete Streichung eines VZ, Anpassung der Zielbeschreibung, ...).
- Bei vorhandenen nichttechnischen-, HMI-, Kommunikations- oder IT-Sicherheitsaspekten in den Spezifikationen, sind diese zu sammeln und den entsprechenden Verantwortlichen weiterzugeben.
- Bei Zurückweisungen von Validierungszielen müssen Begründungen der FETs vorliegen.
- Bei gleichzeitiger Nutzung der freien und kontrollierten Flotte innerhalb eines Tests, ist zu prüfen, ob es sinnvoll ist zwei gesonderte Templates zu erstellen. So können die Testschritte der kontrollierten Flotte als direkte Anweisungen an den Fahrer formuliert werden, die Testschritte der freien Flotte nicht.
- Bei Einsatz mehrerer Flotten und Fahrzeuge, ist zu prüfen, ob die Flotten- und Fahrzeugzuordnung innerhalb der Testschritte, Zutatenliste usw. eindeutig ist
- Bei Funktionsübergreifend formulierten Tests ist zu klären, ob diese Tests in bereits vorhandene funktionsspezifische Tests integrierbar sind.

Weiter ist grundsätzlich anzumerken, dass die Überprüfung einer vollständigen Testabdeckung jeder Funktion nicht Bestandteil des AP13 ist. Dies stellt eine FET interne Aufgabe dar.

## 2.2.4 Ergebnis der Spezifikation technischer Tests und Versuche

Bei der Ergebnisdarstellung der Testspezifikationen werden die technischen Tests und Versuche auf Basis von funktionspezifisch formulierten Validierungszielen gesondert von denen basierend auf funktionsübergreifend formulierten Validierungszielen abgebildet.

Zu Gunsten der Übersichtlichkeit wird im folgenden Text nur noch von funktionspezifischen und funktionsübergreifenden Tests und Versuchen gesprochen. Wobei anzumerken ist, dass dennoch beide Testarten, unabhängig auf welcher Basis, von den FETs spezifiziert wurden und somit auch meist nur noch für die jeweilige Funktion anwendbar ist.

### 2.2.4.1 Funktionsspezifische Tests und Versuche

Grundlage für die Spezifikation der Tests und Versuche sind die im D12.2 [2] definierten Validierungsziele. Die hier relevanten Validierungsziele können in die ISO-Kategorien Funktionalität, Zuverlässigkeit und Effizienz unterteilt werden.

Unten stehende Tabelle 17 gibt eine Zusammenfassung über die Anzahl dieser Validierungsziele aufgeteilt auf die drei Hauptfunktionen (HF) in sim<sup>TD</sup> sowie über die Anzahl der dazu spezifizierten technischer Tests und Versuche (tTV).

Tabelle 17: Ergebnis funktionspezifische Tests und Versuche in Abhängigkeit der Basis-VZ

	HF_1.x	HF_2.x	HF_3.x	$\Sigma$
Funktionalität	30	46	17	93
Zuverlässigkeit	8	23	14	45
Effizienz	2	5	2	9
$\Sigma$ VZ	40	74	33	<b>147</b>
$\Sigma$ tTV	33	40	6	<b>79</b>

Wie bei den funktionsübergreifenden sowie den Tests zur Ausstattungsrate mit IVS haben die FETs auch hier die Möglichkeit einzelne Validierungsziele begründet zurückzuweisen, wodurch kein Test mehr dafür spezifiziert werden muss. Daraus folgend ergibt sich der Unterschied von 147 zugrundeliegenden Validierungszielen zu der Hälfte an tatsächlich spezifizierten technischen Tests und Versuchen.

Weiter trägt dazu bei, dass den FETs offen gelassen wird, wie viele Tests für ein Validierungsziel definiert werden. So kann ein VZ die Basis für mehrere Tests darstellen. Umgekehrt basieren aber auch einzelne Tests auf der Grundlage mehrerer VZ.

Eine entsprechende Kurzübersicht ist den folgend aufgeführten Tabellen zu entnehmen. Diese enthalten für jede sim<sup>TD</sup> Funktion eine Auflistung der spezifizierten Tests inklusive Test-ID, Kurzbeschreibung sowie die ID des Validierungsziels, auf dem der Test stützt. Des Weiteren eine Zusammenfassung der zurückgewiesenen Validierungsziele inklusive Begründung und ob diese Zurückweisung AP12 relevant ist oder nicht.

Eine Zurückweisung wird erst dann für AP12 relevant, wenn das FET Änderungen an dem Validierungsziel selbst vorgenommen hat oder es komplett aus sim<sup>TD</sup> herausnimmt. Gründe für eine nicht AP12 relevante Zurückweisung können u.a. sein, dass dieses VZ mit einem oder mehreren VZ in einem Test eingeflossen ist oder z.B. der zugehörige Test als Abnahmetest innerhalb TP2 identifiziert wird.

Da eine zuverlässige Verbindung zwischen Fahrzeugen, wenn diese in großer Zahl auf den Kommunikationskanal zugreifen, eine Herausforderung der Fahrzeug-Fahrzeug Kommunikation darstellt, werden neben abstrahierten Tests im Kommunikationsabschnitt (siehe Kapitel 2.1.3) auch Tests gekoppelt mit speziellen Funktionen durchgeführt und hier aufgelistet. Die betroffenen Funktionen sind die *Fahrzeugseitige Datenerfassung* (F\_1.1.2), die *Stauendewarnung* (F\_2.1.2) sowie der *Längsführungsassistent* (F\_2.2.3). Die entsprechenden Tests (siehe Tabelle 18) dienen zur Bestimmung der Leistungsfähigkeit des Kommunikationssystems unter der Randbedingung vieler Fahrzeuge. Momentan gibt es fünf dieser Lasttests außerhalb dem Thema Kommunikation (also außerhalb von Anlage 1). Optimalerweise sollten aufgrund begrenzter Ressourcen lediglich einzelne davon durchgeführt werden. Diese Entscheidung ist im Zuge der endgültigen Auswahl der in die Test- und Versuchsdurchführung eingehenden Test- und Versuchsfälle durch TP3 und TP4 zu treffen. Sie kann aufgrund von Kriterien wie größtmöglichem Nutzen, größtmöglicher Außenwirkung und technischer und organisatorischer Machbarkeit gefällt werden.

Tabelle 18: Kommunikationslasttests (KLT)

Test-ID	Kurzbeschreibung	Basis VZ aus D12.2
T_F_2.1.2_03_K0101	Warnung vor Stauenden auf BAB (Schnellstraßen)	TVZ_F2.1.2_KLT
T_F_2.2.3_04_K0100_K0200	Empfang von vielen C2X-Meldungen, trotzdem soll die relevante Notbrems-Message empfangen und signalisiert werden	TVZ_F2.2.3_11
T_F_1.1.2_UE04_K0104_K0204	FCD / Vollständig CAM Frequenz auf Testgelände	TVZ_UE30
T_F_1.1.2_UE05_K0103_K0203	FCD / Reife Stabilität der CAM Übertragung	TVZ_UE4
T_F_1.1.2_UE06_K0103_K0203	FCD / Reife Stabilität der CAM Übertragung	TVZ_UE4

Alle ausführlichen Templates der technischen Tests und Versuche sind dem Anhang 2 zu entnehmen.

### F\_1.1.1 Infrastrukturseitige Datenerfassung:

Diese Funktion ist nicht Gegenstand der Validierung und Optimierung in sim<sup>TD</sup>.

### F\_1.1.2 Fahrzeugseitige Datenerfassung:

Tabelle 19: Funktionsspezifische Tests F\_112

Test-ID	Kurzbeschreibung	Basis VZ aus D12.2
T_F_1.1.2_01_K0102	FCD / Vollständig, IRS empfängt ProbeVehicleData im Testgelände	TVZ_F1.1.2_1
T_F_1.1.2_02_K0102	FCD / Vollständig, IRS empfängt DestinationData im Testgelände	TVZ_F1.1.2_1
T_F_1.1.2_03_K0100_K0200	FCD / Vollständig, IRS empfängt ProbeVehicleData im Versuchsgebiet	TVZ_F1.1.2_1

T_F_1.1.2_04_K0100	FCD / Vollständig, CAM Frequenz auf Testgelände	TVZ_F1.1.2_2
T_F_1.1.2_05_K0100_K0200_K0300_K0400	FCD / Vollständig, CAM Frequenz im Versuchsgebiet	TVZ_F1.1.2_2

### F\_1.1.3 Ermittlung der Verkehrswetterlage:

Tabelle 20: Funktionsspezifische Tests F\_113

Test-ID	Kurzbeschreibung	Basis VZ aus D12.2
T_F_1.1.3_01_K0101	Überprüfung der Zuverlässigkeit der Wetterextra- und –interpolation sowie Wetterfusion – Dauerbetrieb–	TVZ_F1.1.3_1
T_F_1.1.3_02_K0100	Verifikation der Wetterextra- und –interpolation sowie Wetterfusion	TVZ_F1.1.3_1
T_F_1.1.3_03_K0100	Resistenz gegenüber widersprüchlichen oder nicht eindeutigen Daten bei der Wetterextra- und –interpolation sowie Wetterfusion	TVZ_F1.1.3_1

Tabelle 21: Zurückweisung F\_113

Basis VZ	Begründung für Zurückweisung	AP12 relevant?
TVZ_F1.1.3_2	Test siehe T_F_1.1.3_01_K0103, T_F_1.1.3_02_K0100, T_F_1.1.3_03_K0100	nein
TVZ_F1.1.3_5	Test siehe T_F_1.1.3_01_K0103, T_F_1.1.3_02_K0100, T_F_1.1.3_03_K0100	nein
TVZ_F1.1.3_8	Test siehe T_F_1.1.3_01_K0103, T_F_1.1.3_02_K0100	nein

### F\_1.1.4 Ermittlung der Verkehrslage:

Tabelle 22: Funktionsspezifische Tests F\_114

Test-ID	Kurzbeschreibung	Basis VZ aus D12.2
T_F_1.1.4_01_K01xx_K02xx_K03xx_K04xx	Prüfung ob die bereitgestellte Verkehrslage und Reisezeit richtig ermittelt wird	TVZ_F1.1.4_1
T_F_1.1.4_02_K0105_K02xx_K03xx	Prüfung ob die bereitgestellte Verkehrslage und Reisezeit richtig ermittelt wird.	TVZ_F1.1.4_2

Tabelle 23: Zurückweisung F\_114

Basis VZ	Begründung für Zurückweisung	AP12 relevant?
TVZ_F1.1.4_3	Test siehe T_F_1.1.4_01_K01xx_K02xx_K03xx_K04xx	nein

### F\_1.1.5 Identifikation von Verkehrseignissen:

Diese Funktion ist nicht Gegenstand der Optimierung und Validierung in sim<sup>TD</sup>.

### F\_1.2.1 Straßenvorausschau:

Tabelle 24: Funktionsspezifische Tests F\_121

Test-ID	Kurzbeschreibung	Basis VZ aus D12.2
T_F_1.2.1_01_K0138_K0200	Richtiges Anzeigen der Durchschnittsgeschwindigkeiten	TVZ_F1.2.1_2

Test-ID	Kurzbeschreibung	Basis VZ aus D12.2
T_F_1.2.1_02_K0100	Richtigkeit ortsbezogene Anzeige von Hindernissen	TVZ_F1.2.1_4
T_F_1.2.1_03_K0100	Richtigkeit ortsbezogene Anzeige von Straßenwetter	TVZ_F1.2.1_6
T_F_1.2.3_04_K0102	Rechtzeitige Aktualisierung der Daten bei Änderung der Situation	TVZ_F1.2.1_9

Tabelle 25: Zurückweisung F\_121

Basis VZ	Begründung für Zurückweisung	AP12 relevant?
TVZ_F1.2.1_1	Angemessenheit im Sinne der Definition („Funktion erfüllt Spezifikation“) wird über sog. „Akzeptanz-Test“ bei Abgabe der Funktion an Integrator getestet. Angemessenheit im Sinne „löst die Funktion die Aufgabe“ wird über die WüMü Versuche (z.B. Benutzerbefragung) untersucht.	nein

### F\_1.2.2 Baustelleninformationssystem:

Tabelle 26: Funktionsspezifische Tests F\_122

Test-ID	Kurzbeschreibung	Basis VZ aus D12.2
T_F_1.2.2_01_K0102	Validierung der Relevanz der Anzeige der gemeldeten Streckengeometrieelemente	TVZ_F1.2.2_1
T_F_1.2.2_02_K0100_K02xx	Validierung der Erkennung der Streckengeometrie (bauliche Trennungen)	TVZ_F1.2.2_2
T_F_1.2.2_03_K0100_K02xx	Validierung der Erkennung der Streckengeometrie (Verschwenkung)	TVZ_F1.2.2_2
T_F_1.2.2_04_K0101	Validierung der Berechnung der Verkehrslage in der Baustelle	TVZ_F1.2.2_3
T_F_1.2.2_05_K0101	Optimierung der Angemessenheit der Berechnung und Bereitstellung der Verkehrslage	TVZ_F1.2.2_8
T_F_1.2.2_06_K0112	Validierung des Zeitverhaltens der Funktion – Aktualisierung der Baustellengeometrie	TVZ_F1.2.2_7
T_F_1.2.2_07_K0112	Validierung des Zeitverhaltens der Funktion – Aktualisierung der Verkehrslage	TVZ_F1.2.2_7

### F\_1.2.3 Erweiterte Navigation:

Tabelle 27: Funktionsspezifische Tests F\_123

Test-ID	Kurzbeschreibung	Basis VZ aus D12.2
T_F_1.2.3_01_K0104	Vergleich der Routenwahl bei dynamischer Routenführung mit signifikant geänderter Reisezeit	TVZ_F1.2.3_1
T_F_1.2.3_02_K0101	Führt ein als relevant eingestuftes Ereignis zur Überprüfung der Signifikanz?	TVZ_F1.2.3_2

Test-ID	Kurzbeschreibung	Basis VZ aus D12.2
T_F_1.2.3_03_K01xx	Ermittlung einer Heuristik für die Signifikanz eines Ereignisses	TVZ_F1.2.3_3
T_F_1.2.3_04_K0104_K0200	Rechtzeitige Fahrerinformation bei Aktualisierung der Verkehrslage	TVZ_F1.2.3_9

Tabelle 28: Zurückweisung F\_123

Basis VZ	Begründung für Zurückweisung	AP12 relevant?
TVZ_F1.2.3_10	Test siehe T_F_1.2.3_01_K0104	nein
TVZ_F1.2.3_11	„Schwingendes System“ durch sim <sup>TD</sup> Ausstattungsdaten wohl kaum zu erzeugen, ist ein Fall für die intern durchgeführten Simulationen	nein

### F\_1.3.1 Umleitungsmanagement:

Tabelle 29: Funktionsspezifische Tests F\_131

Test-ID	Kurzbeschreibung	Basis VZ aus D12.2
T_F_1.3.1_01_K01xx_K02xx	Prüfung der Umleitungsempfehlung mit der internen Flotte	TVZ_F1.3.1_1
T_F_1.3.1_02_K01xx	Prüfung der Umleitungsempfehlung mit der externen Flotte	TVZ_F1.3.1_1

Tabelle 30: Zurückweisung F\_131

Basis VZ	Begründung für Zurückweisung	AP12 relevant?
TVZ_F1.3.1_2	Test siehe T_F_1.3.1_01_K01xx_K02xx und T_F_1.3.1_02_K01xx	nein
TVZ_F1.3.1_3	Test siehe T_F_1.3.1_01_K01xx_K02xx	nein
TVZ_F1.3.1_4	Test siehe T_F_1.3.1_01_K01xx_K02xx und T_F_1.3.1_02_K01xx	nein
TVZ_F1.3.1_8	Da sich Störungen im Netz nicht im Sekundentakt ändern, ist das Zeitverhalten für die Umleitungsempfehlung irrelevant	nein

### F\_1.3.2 Lichtsignalanlagen Netzsteuerung:

Tabelle 31: Funktionsspezifische Tests F\_132

Test-ID	Kurzbeschreibung	Basis VZ aus D12.2
T_F_1.3.2_01_K0100_K0200	Überprüfung der Kommunikationstechnologie IRS <-> IGLZ	TVZ_F1.3.2_1
T_F_1.3.2_02_K0100_K0200_K0300	Minimierung der Verlustzeiten und Halte im Versuchsgebiet durch eine optimierte LSA-Steuerung unter Berücksichtigung der mit sim <sup>TD</sup> -Funktionen ausgestatteten Fahrzeuge	TVZ_F1.3.2_10 TVZ_F1.3.2_1 TVZ_F1.3.2_11
T_F_1.3.2_03_K0100	Berechnung der Verkehrslage	TVZ_F1.3.2_11

Tabelle 32: Zurückweisung F\_132

Basis VZ	Begründung für Zurückweisung	AP12 relevant?
TVZ_F1.3.2_2	Die Richtigkeit der Ergebnisse aus TVZ_F132_2 wird bereits in den anderen Testspezifikationen nachgewiesen. Ferner handelt es sich hierbei um ein nicht technisches Validierungsziel.	nein
TVZ_F1.3.2_3	Die Richtigkeit der Ergebnisse aus TVZ_F132_2 wird bereits in den anderen Testspezifikationen nachgewiesen. Ferner handelt es sich hierbei um ein nicht technisches Validierungsziel. Die korrekte Verkehrslage in der realen Welt ist nur mit unangemessen hohem Mess- und Erfassungsaufwand möglich.	nein
TVZ_F1.3.2_9	Performanz und Lauffähigkeit, wie natürlich auch das Zeitverhalten der Funktion werden im Vorfeld ausführlich intern getestet, also noch bevor die Funktion im Rahmen von sim <sup>TD</sup> eingesetzt wird. Damit ist im Rahmen von sim <sup>TD</sup> kein gesonderter Test für das Zeitverhalten erforderlich.	nein

### F\_1.3.3 Lokale verkehrsabhängige LSA-Steuerung:

Tabelle 33: Funktionsspezifische Tests F\_133

Test-ID	Kurzbeschreibung	Basis VZ aus D12.2
T_F_1.3.3_01_K0115_K0215_K0315_K0415	Einzelfahrzeugbezogener Fahrzeit-/Wartezeitvergleich mit und ohne sim <sup>TD</sup> Funktion 1.3.3	TVZ_F1.3.3_1
T_F_1.3.3_02_K0108_K0208_K0308	Prüfung der Situationserkennung / Verkehrsmodell Knotenpunkt auf Richtigkeit	TVZ_F1.3.3_2
T_F_1.3.3_03_K0106	Prüfung des Zeitverhaltens	TVZ_F1.3.3_7

Tabelle 34: Zurückweisung F\_133

Basis VZ	Begründung für Zurückweisung	AP12 relevant?
TVZ_F1.3.3_3	Test siehe T_F_1.3.3_02_K0108_K0208_K0308	nein
TVZ_F1.3.3_6	Mit T_F_1.3.3_UE01_K0100 in einem Template zusammengefasst.  Prüfung der Ausfallsicherheit der sim <sup>TD</sup> Funktion 1.3.3 und deren Anfälligkeit auf technisch fehlerhafte Nachrichten	nein



### F\_2.1.1 Hinderniswarnung:

Tabelle 35: Funktionsspezifische Tests F\_211

Test-ID	Kurzbeschreibung	Basis VZ aus D12.2
T_F_2.1.1_01_K0102_K0204	Hindernisdetektion: Hindernisse müssen zuverlässig erkannt werden	TVZ_F2.1.1_1
T_F_2.1.1_02_K0100	Position manuell detektierter Hindernisse muss präzise ermittelt werden	TVZ_F2.1.1_2
T_F_2.1.1_03_K0102	Es soll in empfangenden Fahrzeugen vor für den Fahrer relevanten Hindernissen gewarnt werden	TVZ_F2.1.1_3
T_F_2.1.1_04_K0104_K0204	Die Zahl an falschen Warnungen (false positives) muss gering bleiben.	TVZ_F2.1.1_4
T_F_2.1.1_05_K0102_K0202	Keine doppelte Benachrichtigung vor dem gleichen Hindernis	TVZ_F2.1.1_11
T_F_2.1.1_06_K0100	Erkannte Hindernisse müssen dem Fahrer zeitnah angezeigt werden.	TVZ_F2.1.1_9
T_F_2.1.1_07_K0115	Detektionen durch Ausweichmanöver: Plausibilisierung durch mehrere detektierende Fahrzeuge	TVZ_F2.1.1_13
T_F_2.1.1_08_K0108	Optimierung der DEN-Parameter Sendehäufigkeit & ExpiryTime	TVZ_F2.1.1_14
T_F_2.1.1_09_K0115_K0205	Hindernisse müssen aus Fahrmanövern automatisch detektiert werden	TVZ_F2.1.1_2
T_F_2.1.1_10_K0105	Hindernisse müssen aus Fahrmanövern automatisch detektiert werden	TVZ_F2.1.1_2

Tabelle 36: Zurückweisung F\_211

Basis VZ	Begründung für Zurückweisung	AP12 relevant?
TVZ_F2.1.1_12	Den Test der POIs wollen wir in der HF 2.1 auf keinen Fall mehrmals abhandeln, deswegen ist er bei F 2.1.1 herausgenommen worden. Unsere Nutzung der POIs wird auch noch diskutiert, eine Warnung als POI macht ja zunächst wenig Sinn	nein

### F\_2.1.2 Stauendewarnung:

Tabelle 37: Funktionsspezifische Tests F\_212

Test-ID	Kurzbeschreibung	Basis VZ aus D12.2
T_F_2.1.2_01_K0101	Funktionstest – Warnung vor Stauenden auf BAB	TVZ_F2.1.2_1
T_F_2.1.2_02_K01xx	Feldtest – Warnung vor Stauenden auf BAB	TVZ_F2.1.2_2
T_F_2.1.2_03_K0101  Dieser Test dient als Kommunikationslasttest	Warnung vor Stauenden auf BAB (Schnellstraßen)	TVZ_F2.1.2_KLT

Tabelle 38: Zurückweisung F\_212

Basis VZ	Begründung für Zurückweisung	AP12 relevant?
TVZ_F2.1.2_3	Dieses Optimierziel wird aus den technischen Zielen herausgenommen und im Rahmen der Funktionsentwicklung abgearbeitet. Es handelt sich damit um keinen offiziellen sim <sup>TD</sup> -Test.	ja
TVZ_F2.1.2_12	Die Teilfunktion Stauendewarnung-Detektion läuft kontinuierlich mit unterschiedlichen Algorithmen unterschiedlicher Größe. Die Teilfunktion Stauendewarnung läuft über die zyklische Erteilung von Präsentationsaufträgen. Die Algorithmen sind schlicht und es werden keine Probleme erwartet, da im Autobahnbetrieb viele rechenzeitintensive Lastfälle nicht auf treten. Die Analyse, wie viel Verarbeitungszeit je Funktion anfällt sollte im Betriebssystem (Task-Manager) erfolgen. Es wird erwartet, dass F_212 im Rahmen der zugewiesenen Grundlast abgearbeitet wird.	nein

### F\_2.1.3 Straßenwetterwarnung:

Tabelle 39: Funktionsspezifische Tests F\_213

Test-ID	Kurzbeschreibung	Basis VZ aus D12.2
T_F_2.1.3_01_K0103	Optimierung und Verifikation der fahrzeugseitigen Glättedetektion	TVZ_F2.1.3_1
T_F_2.1.3_02_K0100	Validierung der fahrzeugseitigen Wetterereignisfusion	TVZ_F2.1.3_1
T_F_2.1.3_03_K0101	Validierung der fahrzeugseitigen Wetterereignisdetektion und –fusion – Dauerbetrieb	TVZ_F2.1.3_1
T_F_2.1.3_04_K0100	Verifikation des Funktionsablaufs der Funktion bei eindeutigen Dateneingängen	TVZ_F2.1.3_1
T_F_2.1.3_05_K0100	Verifikation des korrekten Funktionsablaufs der Funktion bei nicht eindeutigen, widersprüchlichen und/oder Fehlerhaften Dateneingängen.	TVZ_F2.1.3_1

Tabelle 40: Zurückweisung F\_213

Basis VZ	Begründung für Zurückweisung	AP12 relevant?
TVZ_F2.1.3_2	Test siehe T_F_2.1.3_02_K0100, T_F_2.1.3_01_K0102, T_F_2.1.3_03_K0101, T_F_2.1.3_04_K0100, T_F_2.1.3_05_K0100	nein
TVZ_F2.1.3_3	Test siehe T_F_2.1.3_02_K0100, T_F_2.1.3_03_K0101, T_F_2.1.3_05_K0100	nein
TVZ_F2.1.3_7	Test siehe T_F_2.1.3_02_K0100, T_F_2.1.3_01_K0102, T_F_2.1.3_03_K0101, T_F_2.1.3_04_K0100	nein
TVZ_F2.1.3_8	Test siehe T_F_2.1.3_02_K0100,	nein

Basis VZ	Begründung für Zurückweisung	AP12 relevant?
	T_F_2.1.3_03_K0101	
TVZ_F2.1.3_9	Test siehe T_F_2.1.3_02_K0100, T_F_2.1.3_03_K0101, T_F_2.1.3_04_K0100	nein
TVZ_F2.1.3_10	Test siehe T_F_2.1.3_02_K0100, T_F_2.1.3_03_K0101	nein

#### F\_2.1.4 Einsatzfahrzeugwarnung:

Tabelle 41: Funktionsspezifische Tests F\_214

Test-ID	Kurzbeschreibung	Basis VZ aus D12.2
T_F_2.1.4_01_K0110	Überprüfung der Erkennung und Darstellung der Einsatzfahrzeugwarnung im Stadtverkehr	TVZ_F2.1.4_1
T_F_2.1.4_02_K0110	Überprüfung der Erkennung und Darstellung der Einsatzfahrzeugwarnung im Autobahnverkehr.	TVZ_F2.1.4_1
T_F_2.1.4_03_K0102	Überprüfung der Darstellung der Einsatzfahrzeugwarnung bei mehreren EFZ, sowie wie Test der Reaktionszeit der Funktion	TVZ_F2.1.4_12

Tabelle 42: Zurückweisung F\_214

Basis VZ	Begründung für Zurückweisung	AP12 relevant?
TVZ_F2.1.4_2	Keine Spezifikation vorhanden. Test siehe T_F_2.1.4_01_K0100 und T_F_2.1.4_02_K0110 decken alle anderen TVZ ab.	nein
TVZ_F2.1.4_5	Test siehe T_F_2.1.4_01_K0100	nein
TVZ_F2.1.4_6	Test siehe T_F_2.1.4_01_K0100	nein
TVZ_F2.1.4_7	Test siehe T_F_2.1.4_01_K0100	nein
TVZ_F2.1.4_8	Test siehe T_F_2.1.4_01_K0100	nein
TVZ_F2.1.4_9	Test siehe T_F_2.1.4_01_K0100	nein
TVZ_F2.1.4_10	Test siehe T_F_2.1.4_01_K0100	nein
TVZ_F2.1.4_15	Test siehe T_F_2.1.4_03_K0102	nein
TVZ_F2.1.4_16	Muss nicht im Feld getestet werden. Diese Frage lässt sich rein theoretisch klären und betrifft eher die Grundsätzliche Fragestellung der Signalausbreitung.	nein
TVZ_F2.1.4_17	Test siehe T_F_2.1.4_01_K0100	nein

#### F\_2.2.1 Verkehrszeichen-Assistent/Warnung:

Tabelle 43: Funktionsspezifische Tests F\_221

Test-ID	Kurzbeschreibung	Basis VZ aus D12.2
T_F_2.2.1_01_K0106_K0201	Verkehrszeichenassistent	TVZ_F2.2.1_3

Test-ID	Kurzbeschreibung	Basis VZ aus D12.2
_K0300	Funktions- und Effizienznachweis	
T_F_2.2.1_02_K0135	Verkehrszeichenassistent Bestimmung der IRS Sendefrequenz	TVZ_F2.2.1_18

Tabelle 44: Zurückweisung F\_221

Basis VZ	Begründung für Zurückweisung	AP12 relevant?
TVZ_F2.2.1_1	automatisch erfüllt mit T_F_2.2.1_01_K0106_K0201	nein
TVZ_F2.2.1_2	automatisch erfüllt mit T_F_2.2.1_01_K0106_K0201	nein
TVZ_F2.2.1_4	Test siehe T_F_2.2.1_01_K0106_K0201	nein
TVZ_F2.2.1_5	Test siehe T_F_2.2.1_01_K0106_K0201	nein
TVZ_F2.2.1_6	Test siehe T_F_2.2.1_01_K0106_K0201	nein
TVZ_F2.2.1_7	Test siehe T_F_2.2.1_01_K0106_K0201	nein
TVZ_F2.2.1_9	Test siehe T_F_2.2.1_01_K0106_K0201	nein
TVZ_F2.2.1_10	Test siehe T_F_2.2.1_01_K0106_K0201	nein
TVZ_F2.2.1_11	Test siehe T_F_2.2.1_01_K0106_K0201	nein
TVZ_F2.2.1_15	Test siehe T_F_2.2.1_01_K0106_K0201	nein
TVZ_F2.2.1_16	Test siehe T_F_2.2.1_01_K0106_K0201	nein
TVZ_F2.2.1_17	Test siehe T_F_2.2.1_01_K0106_K0201	nein

## F\_2.2.2 Ampel-Phasen-Assistent/Warnung:

Tabelle 45: Funktionsspezifische Tests F\_222

Test-ID	Kurzbeschreibung	Basis VZ aus D12.2
T_F_2.2.2_01_K0101	Test auf Verkehrsgefährdung (Fahrzeug)	TVZ_F2.2.2_2_Fzg
T_F_2.2.2_02_K0101	Optimierung Grüne Welle	TVZ_F2.2.2_3
T_F_2.2.2_03_K0100	Kompatibilitätstest für LSA	TVZ_F2.2.2_5
T_F_2.2.2_04_K0100	Ist eine Vorhersage der LSA Schaltung mit den zur Verfügung stehenden Daten möglich?	TVZ_F2.2.2_8

Tabelle 46: Zurückweisung F\_222

Basis VZ	Begründung für Zurückweisung	AP12 relevant?
TVZ_F2.2.2_1	Dieser Test ist bereits Bestandteil der Akzeptanzkriterien der Funktion F_222 bei der Abgabe an den Integrator. Er wird also bereits in TP2 durchgeführt.	nein
TVZ_F2.2.2_2_IRS	Dieser Test überprüft ob durch die falsche Weitergabe des aktuellen IRS-Status, z.B. offen statt geschlossen, eine Verkehrsgefährdung besteht. Dieser Test ist bereits Bestandteil der Akzeptanzkriterien der Funktion F_222 bei der Abgabe an den Integrator. Er wird also bereits	nein

Basis VZ	Begründung für Zurückweisung	AP12 relevant?
	in TP2 durchgeführt.	
TVZ_F2.2.2_9	HMI Test	nein
TVZ_F2.2.2_11	HMI Test	nein
TVZ_F2.2.2_13	HMI Test	nein

### F\_2.2.3 Längsführungsassistent:

Tabelle 47: Funktionsspezifische Tests F\_223

Test-ID	Kurzbeschreibung	Basis VZ aus D12.2
T_F_2.2.3_01_K0103	Erkennung einer starken Bremsung im EGO-Fahrzeug und Aussenden von C2X-Meldungen	TVZ_F2.2.3_2
T_F_2.2.3_02_K0107	Empfang einer C2X-Meldung die eine Notbremsung signalisiert und Ausgabe einer Warnung an den Fahrer, wenn Ereignis relevant	TVZ_F2.2.3_3
T_F_2.2.3_03_K0102	Warnung bei Störung der Funktion bedingt durch den Ausfall von Systemkomponenten	TVZ_F2.2.3_7
T_F_2.2.3_04_K0100_K0200 Dieser Test dient auch als Kommunikationslasttest.	Empfang von vielen C2X-Meldungen, trotzdem soll die relevante Notbrems-Message empfangen und signalisiert werden	TVZ_F2.2.3_11

Tabelle 48: Zurückweisung F\_223

Basis VZ	Begründung für Zurückweisung	AP12 relevant?
TVZ_F2.2.3_1	Dieses Ziel ist eine Kombination der beiden nachfolgenden Ziele TVZ_F_2.2.3_2 und TVZ_F_2.2.3_3 und ist daher redundant und sollte nicht weiter verfolgt werden. F_2.2.3 besteht aus zwei Komponenten, die auf unterschiedlichen Fahrzeugen implementiert werden. Daher sind zwei Validierungsziele für beide Komponenten sinnvoll.	nein
TVZ_F2.2.3_4	Test siehe T_F_2.2.3_01_K0103 False Alarm Situation kann nur durch Fahrer-Befragung erfasst werden (Interview).	nein
TVZ_F2.2.3_9	Test siehe T_F_2.2.3_02_K0107	nein
TVZ_F2.2.3_10	Test siehe T_F_2.2.3_01_K0103	nein

### F\_2.2.4 Kreuzungs-/Querverkehrsassistent:

Tabelle 49: Funktionsspezifische Tests F\_224

Test-ID	Kurzbeschreibung	Basis VZ aus D12.2
T_F_2.2.4_01_K01xx	Vollständige und angemessene Implementierung, Positivtest	TVZ_F2.2.4_1 (TVZ_F2.2.4_2

Test-ID	Kurzbeschreibung	Basis VZ aus D12.2
		TVZ_F2.2.4_3 TVZ_F2.2.4_4 TVZ_F2.2.4_5 TVZ_F2.2.4_6 TVZ_F2.2.4_14 TVZ_F2.2.4_15)
T_F_2.2.4_02_K0100	Vermeidung von Fehlwarnungen	TVZ_F2.2.4_1  (TVZ_F2.2.4_2 TVZ_F2.2.4_3 TVZ_F2.2.4_4 TVZ_F2.2.4_5 TVZ_F2.2.4_6)
T_F_2.2.4_03_K0103	Kreuzungsannäherung/Richtigkeit Erkennung der Kreuzung (Positivtest)	TVZ_F2.2.4_2
T_F_2.2.4_04_K01xx	Kreuzungsannäherung/Richtigkeit Vermeidung der fälschlichen Erkennung einer Kreuzungsannäherung (Negativtest)	TVZ_F2.2.4_2
T_F_2.2.4_05_K0103	Kreuzungstopologie/Richtigkeit	TVZ_F2.2.4_3
T_F_2.2.4_06_K01xx	Abbiegewunsch bzw. beabsichtigte Fahrtroute / Richtigkeit Richtige Vorhersage der beabsichtigten Fahrtroute über die Kreuzung	TVZ_F2.2.4_4
T_F_2.2.4_07_K01xx	Anhaltewunsch vor Kreuzung / Richtigkeit Richtige Vorhersage des Anhaltewunsches vor der Kreuzung	TVZ_F2.2.4_5
T_F_2.2.4_08_K01xx	Warnzeitpunkt / Richtigkeit Warnung vor Kollisionsrisiken mit Querverkehrsfahrzeugen zum „richtigen“ Zeitpunkt (Positivtest)	TVZ_F2.2.4_6  (TVZ_F2.2.4_1 TVZ_F2.2.4_2 TVZ_F2.2.4_3 TVZ_F2.2.4_4 TVZ_F2.2.4_5 TVZ_F2.2.4_14 TVZ_F2.2.4_15)
T_F_2.2.4_09_K01xx	Latenzprüfung	TVZ_F2.2.4_14

Tabelle 50: Zurückweisung F\_224

Basis VZ	Begründung für Zurückweisung	AP12 relevant?
TVZ_F2.2.4_15	Test siehe T_F_2.2.4_09_K01xx  (Siehe auch T_F_2.2.4_01_K01xx)	nein
TVZ_F2.2.4_17	Die Anforderung wird funktionsintern auf Softwareebene getestet, die Spezifikation eines Testfalls dafür erfordert jedoch funktionsübergreifende Abstimmung und Zugriff auf weitergehende Specs von Systemkomponenten zum Lastmanagement, damit nicht Aufgabe von F_2.2.4 und noch nicht leistbar. Mitarbeit zu geeignetem	nein

Basis VZ	Begründung für Zurückweisung	AP12 relevant?
	Zeitpunkt wird angeboten.	
TVZ_F2.2.4_18	Die Anforderung wird funktionsintern auf Softwareebene getestet, die Spezifikation eines Testfalls dafür erfordert jedoch funktionsübergreifende Abstimmung und Zugriff auf weitergehende Specs von Systemkomponenten zum Lastmanagement, damit nicht Aufgabe von F_2.2.4 und noch nicht leistbar. Mitarbeit zu geeignetem Zeitpunkt wird angeboten.	nein

### F\_3.1.1 Internetbasierte Dienstnutzung:

Tabelle 51: Funktionsspezifische Tests F\_311

Test-ID	Kurzbeschreibung	Basis VZ aus D12.2
T_F3.1.1_01_K0100	Verkehrsinformationen über eine Internetverbindung dem Fahrer zur Verfügung zu stellen.	TVZ_F3.1.1_3
T_F_3.1.1_02_K0100_K0200_K0301_K0400_K0500	Testet wie schnell die F_311 Dienste übers Internet verfügbar wird	TVZ_F3.1.1_9

Tabelle 52: Zurückweisung F\_311

Basis VZ	Begründung für Zurückweisung	AP12 relevant?
TVZ_F3.1.1_1	Validieren in Funktionstest (TP2) bzw. Integrationstest (TP3)	nein
TVZ_F3.1.1_2	Validieren in Funktionstest (TP2) bzw. Integrationstest (TP3)	nein
TVZ_F3.1.1_4	Validieren in Funktionstest (TP2) bzw. Integrationstest (TP3)	nein
TVZ_F3.1.1_7	Die Funktion wird nichts vom Nutzer verlangen, sondern ihn dazu auffordern, vorgegebene Optionen auszuwählen. Daher ist eine gezielte Falscheingabe durch den Nutzer nicht leicht zu realisieren.	nein
TVZ_F3.1.1_10	Test siehe T_F_3.1.1_02_K0100_K0200_K0301_K0400_K0500	nein
TVZ_F3.1.1_11	Test siehe T_F_3.1.1_02_K0100_K0200_K0301_K0400_K0500	nein
TVZ_F3.1.1_13	Test siehe T_F_3.1.1_02_K0100_K0200_K0301_K0400_K0500	nein



### F\_3.1.2 Standortinformationsdienste:

Tabelle 53: Funktionsspezifische Tests F\_312

Test-ID	Kurzbeschreibung	Basis VZ aus D12.2
T_F_3.1.2_01_K0104	Anzeige von Standortinformationen auf der Karte als POI	TVZ_F3.1.2_1
T_F_3.1.2_02_K0105	Vergleich Parkrauminformationen mit Realsituation Parkraum	TVZ_F3.1.2_7
T_F_3.1.2_03_K0110	Vergleich Parkrauminformationen mit Realsituation Parkleitsystem	TVZ_F3.1.2_8
T_F_3.1.2_04_K0100	Charakterisierung des Zeitverhaltens der Abfrage von Standortinformationen	TVZ_F3.1.2_15

Tabelle 54: Zurückweisung F\_312

Basis VZ	Begründung für Zurückweisung	AP12 relevant?
TVZ_F3.1.2_2	Abnahmetest Wird im Rahmen von TP2 getestet. Daher keine Testspezifikation in AP13 erforderlich	nein
TVZ_F3.1.2_3	Abnahmetest Wird im Rahmen von TP2 getestet. Daher keine Testspezifikation in AP13 erforderlich	nein
TVZ_F3.1.2_4	Abnahmetest Wird im Rahmen von TP2 getestet. Daher keine Testspezifikation in AP13 erforderlich	nein
TVZ_F3.1.2_5	Abnahmetest Wird im Rahmen von TP2 getestet. Daher keine Testspezifikation in AP13 erforderlich	nein
TVZ_F3.1.2_6	Abnahmetest Wird im Rahmen von TP2 getestet. Daher keine Testspezifikation in AP13 erforderlich	nein
TVZ_F3.1.2_9	Abnahmetest Wird im Rahmen von TP2 getestet. Daher keine Testspezifikation in AP13 erforderlich	nein
TVZ_F3.1.2_10	Abnahmetest Wird im Rahmen von TP2 getestet. Daher keine Testspezifikation in AP13 erforderlich	nein
TVZ_F3.1.2_11	DIESES ZIEL IST OBSOLET, da je nach Push- oder Pull verfahren jeweils nur eine Kommunikationsart genutzt wird	ja
TVZ_F3.1.2_12	Abnahmetest Wird im Rahmen von TP2 getestet. Daher keine Testspezifikation in AP13 erforderlich	nein
TVZ_F3.1.2_13	Obsolet (durch TP2 Unittests abgedeckt)	?
TVZ_F3.1.2_16	Test siehe T_F_3.1.2_04_K0100	nein
TVZ_F3.1.2_17	Test siehe T_F_3.1.2_04_K0100	nein
TVZ_F3.1.2_18	Validierungsziel ist OBSOLET durch Wegfall der cWLAN Übertragung	ja

Basis VZ	Begründung für Zurückweisung	AP12 relevant?
TVZ_F3.1.2_19	Validierungsziel ist OBSOLET durch Wegfall der cWLAN Übertragung	ja
TVZ_F3.1.2_20	Validierungsziel ist OBSOLET durch Wegfall der cWLAN Übertragung	ja
TVZ_F3.1.2_21	Validierungsziel ist OBSOLET durch Wegfall der cWLAN Übertragung	ja
TVZ_F3.1.2_22	Validierungsziel ist OBSOLET durch Wegfall der cWLAN Übertragung	ja
TVZ_F3.1.2_23	Validierungsziel ist OBSOLET durch Wegfall der cWLAN Übertragung	ja
TVZ_F3.1.2_24	Validierungsziel ist OBSOLET durch Wegfall der cWLAN Übertragung	ja

#### 2.2.4.2 Funktionsübergreifende Tests und Versuche

Grundlage für die Spezifikation dieser Tests und Versuche sind sechs ausgewählte funktionsübergreifend formulierte Validierungsziele. Eine Übersicht inklusive Beschreibung ist Kapitel 2.2.2 zu entnehmen. Diese Validierungsziele sind für alle Funktionen gleich definiert, müssen i.d.R. nicht funktionspezifisch angepasst werden und sind deshalb auf alle Funktionen gleichermaßen anwendbar.

Unten stehende Tabelle Tabelle 55 gibt eine Zusammenfassung über die Anzahl der spezifizierten technischen Tests und Versuche (tTV) aufgeteilt auf die technischen Validierungsziele (TVZ) sowie die drei Hauptfunktionen (HF) in sim<sup>TD</sup>.

Tabelle 55: Ergebnis funktionsübergreifende Tests und Versuche

	HF_1.x	HF_2.x	HF_3.x	$\sum$ tTV (der TVZ)
<b>TVZ_UE1 Ordnungsmäßigkeit</b>	--	1	--	<b>1</b>
<b>TVZ_UE4 Reife</b>	3	3	1	<b>7</b>
<b>TVZ_UE6 Wiederherstellbarkeit</b>	3	1	1	<b>5</b>
<b>TVZ_UE18 Richtigkeit</b>	1	--	--	<b>1</b>
<b>TVZ_UE22 Stabilität</b>	2	--	--	<b>2</b>
<b>TVZ_UE30 Skalierbarkeit</b>	3	--	1	<b>4</b>
<b><math>\sum</math> tTV (der HF)</b>	<b>12</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>20</b>

Abermals haben die FETs die Möglichkeit einzelne Validierungsziele zurückzuweisen oder mehrere Validierungsziele zu einem Test zusammenzufassen und umgekehrt mehrere Tests für ein Validierungsziel zu definieren. Dadurch ergibt sich auch hier, dass dementsprechend kein Test spezifiziert werden muss und somit nicht jede Funktion oder gar HF für jedes funktionsübergreifend formulierte Validierungsziel Spezifizierungen durchführt.

Eine entsprechende Kurzübersicht aller Spezifikationen ist den kommenden Tabellen zu entnehmen. Diese enthalten für jedes Validierungsziel eine Auflistung der spezifizierten Tests inklusive Test-ID sowie Kurzbeschreibung. Die Funktion, welche die Spezifikation durchgeführt hat, ist der Test-ID zu entnehmen. Außerdem eine Zusammenfassung der Funktionen, welche das Validierungsziel begründet zurückgewiesen haben. Entgegen der funktionspezifischen Tests war hier jedoch eine Begründung für die Zurückweisung nicht

explizit von den FETs gefordert, da bereits im Vorfeld definiert war, dass nicht alle Validierungsziele für jede Funktion von Interesse sind.

Die ausführlichen Templates dieser technischen Tests und Versuche sind dem Anhang 2 zu entnehmen.

### TVZ\_UE1 Ordnungsmäßigkeit:

Tabelle 56: Tests TVZ\_UE1 Ordnungsmäßigkeit

Test-ID	Kurzbeschreibung
T_F_2.2.2_UE01_K0100	Konformität zu StVO

Tabelle 57: Zurückweisung TVZ\_UE1 Ordnungsmäßigkeit

Funktions-ID	Begründung
F_123	Ordnungsmäßigkeit F_123 hängt von Ordnungsmäßigkeit Systemkomponente Navigation ab
F_132 F_133	Das Steuergerät der LSA dominiert in der Praxis bereits heute als letzte Instanz die ihm zugewiesenen Angaben und ignoriert diese bei mangelnder Ordnungsmäßigkeit in Bezug auf StVO. D.h., auch die Angaben des sim <sup>TD</sup> Systems werden vom Steuergerät geprüft und im Falle eines Fehlers seitens des sim <sup>TD</sup> Systems (z.B. die Anforderung "Erteile Grün für die Dauer von 180 Sekunden" während einer geltenden Umlaufzeit von 120 Sekunden) automatisch durch ordnungsgemäße Anforderungen ersetzt. Gilt bereits heute grundsätzlich in jeder LSA / in jedem Steuergerät und damit sowohl in F_132, als auch in F_133.
F_212	Die Warnung vor einem Stauende ist vereinbar mit der STVO!
F_213	Test siehe T_F_2.1.3_01_K0102, T_F_2.1.3_02_K0100, T_F_2.1.3_03_K0101, T_F_2.1.3_04_K0100, T_F_2.1.3_05_K0100
F_214	Es gibt keine Normen und Vorgaben die eingehalten werden müssen, da wir keine Empfehlung erteilen.
F_223	Für die EBL-Warnungen gibt es keine Festlegungen in der STVO
F_224	Teilaspekte adressiert in T_F_2.2.4_02_K0100
F_311	Die Funktion gibt keine Anweisung an den Fahrer, sondern nur Hinweis. Daher ist ein potentieller Konflikt mit StVO praktisch ausgeschlossen. Weiter erfolgt die Display Darstellung zentral durch das Komponenten HMI. So ist dieses Test Case nicht unbedingt extra für die Funktionen durch zu führen.

### TVZ\_UE4 Reife:

Tabelle 58: Tests TVZ\_UE4 Reife

ID	Kurzbeschreibung
T_F_1.1.2_UE01_K0100 _K0200_K0300_K0400	FCD / Reife Ausfälle des CAM Sendens im Versuchsgebiet
T_F_1.1.2_UE02_K0100 _K0200_K0300_K0400	FCD / Reife Ausfälle des CAM Sendens im Versuchsgebiet
T_F_1.2.3_UE01_K0100	Anzahl der Funktionsausfälle
T_F_2.1.1_UE01_K0104	Reife- und Wiederherstellbarkeitstests

T_F_2.2.2_UE02_K0101	Versagenshäufigkeitstest
T_F_2.2.2_UE03_K0100	Versagenszeitraumtest
T_F_3.1.2_UE01_K0100	Test zur Bestimmung der Versagenshäufigkeit der Funktion

Tabelle 59: Zurückweisung TVZ\_UE4 Reife

Funktions-ID	Begründung
F_132 F_133	Das Steuergerät der LSA dominiert in der Praxis bereits heute als letzte Instanz die ihm zugewiesenen Angaben und ignoriert diese bei mangelnder Ordnungsmäßigkeit in Bezug auf StVO. D.h., auch die Angaben des sim <sup>TD</sup> Systems werden vom Steuergerät geprüft und im Falle eines Fehlers seitens des sim <sup>TD</sup> Systems (z.B. die Anforderung „Erteile Grün für die Dauer von 180 Sekunden“ während einer geltenden Umlaufzeit von 120 Sekunden) automatisch durch ordnungsgemäße Anforderungen ersetzt. Gilt bereits heute grundsätzlich in jeder LSA / in jedem Steuergerät und damit sowohl in F_132, als auch in F_133.
F_212	Die Stauendwarnung ist eine eventgesteuerte Funktion. Ein Bezug auf die Laufzeit erscheint nicht sinnvoll! Funktionsausfälle bedürfen einer Bewertung durch den Fahrer und einer Auswertung von LOG-Daten (Staudaten aus Zentrale, Fahrzeugdaten, DEN-Staumeldungen). Dieses erfolgt im Rahmen der Versuche in T_F_2.1.2_01_K0101 und T_F_2.1.2_02_K0100
F_213	Tests siehe T_F_2.1.3_02_K0100, T_F_2.1.3_03_K0101 und T_F_2.1.3_05_K0100
F_214	Die folgenden Test werden bereits alle in der Entwicklung als Abnahme Test ausgeführt und müssen nicht im aufwendigen Feldtest validiert werden
F_223	Die Funktion wird nur auf dem Testgelände getestet, es wird dazu keine aussagefähigen Daten geben
F_224	Teilaspekte adressiert in T_F_2.2.4_02_K0100
F_311	Test siehe T_F_3.1.1_02_K0100_K0200_K0301_K0400_K0500

### TVZ\_UE6 Wiederherstellbarkeit:

Tabelle 60: Tests TVZ\_UE6 Wiederherstellbarkeit

ID	Kurzbeschreibung
T_F_1.1.2_UE03_K0100_K0200	FCD / Wiederherstellbarkeit Startverhalten des CAM Sendens im Versuchsgebiet
T_F_1.2.1_UE01_K0100	Prüfung ob die Funktion nach einem Ausfall ohne Datenverlust / Funktionseinschränkung automatisch weiterarbeiten kann.
T_F_1.2.2_UE01_Kxxxx	Funktionsübergreifendes Validierungsziel zur Wiederherstellbarkeit
T_F_2.2.2_UE04_K0100	Test der Wiederherstellbarkeit innerhalb vorgegebener Zeit
T_F_3.1.1_UE01_K0100_K0200	Testet die Wiederherstellbarkeit der implementierten Funktion
T_F_1.1.2_UE03_K0100_K0200	FCD / Wiederherstellbarkeit Startverhalten des CAM Sendens im Versuchsgebiet
T_F_1.2.1_UE01_K0100	Prüfung ob die Funktion nach einem Ausfall ohne Datenverlust / Funktionseinschränkung automatisch weiterarbeiten kann.

Tabelle 61: Zurückweisung TVZ\_UE6 Wiederherstellbarkeit

Funktions-ID	Begründung
F_113	Die Funktion ist Datenlieferant für F_213 und arbeitet nicht unter besonders zeitkritischen Bedingungen. Für einen Neustart ist stets genug Zeit. Prinzipbedingt Wird die Qualität von F_213 nur gemindert, die Funktionsweise jedoch nicht behindert, wenn F_113 nicht aktiv ist.
F_132 F_133	Bei einem Systemausfall verfügt die LSA / das Steuergerät in beiden Funktionen über eine Rückfallebene. Bei Betrachtung der lokalen verkehrsabhängig gesteuerten LSA (F_133) springt die LSA bereits heute automatisch um auf eine Festzeitsteuerung. Im Fall der F_132 ist sichergestellt, dass bei Systemausfall auf einen historischen Modus umgeschaltet wird, der auf Erfahrungen in der Vergangenheit (Verkehrsnachfrage, Freigabezeiten) zurückgreift. Nach 15 Minuten erfolgt automatisch ein Umschalten auf den heute bestehenden, verkehrsabhängig gesteuerten Betrieb der LSA. Üblicherweise werden Systemfehler nach maximal 5 Minuten festgestellt, das Neustarten der Funktion/des Systems erfolgt binnen (deutlich) weniger als 1 Minute.
F_211	Test siehe T_F_2.1.1_UE01_K0104
F_212	Das ist eine Aufgabe für das Gesamtsystem! Bei einem Start wird die Zeit aufgezeichnet zu welcher sich eine Funktion als operativ meldet. Das Betriebssystem protokolliert den Hochlauf. Weiterhin kann das Betriebssystem eine Funktion im Betrieb abschalten und erneut starten. Die Hochlaufzeit wird aufgezeichnet.
F_214	Die folgenden Test werden bereits alle in der Entwicklung als Abnahme Test ausgeführt und müssen nicht im aufwendigen Feldtest validiert werden
F_223	Da Funktion nur auf dem Testgelände getestet wird, wird es dazu keine aussagefähigen Daten geben. Technisch ist die Funktion sofort wieder einsetzbar, sobald neue Daten vom Relevanzfilter kommen. Keine lokale Datenhaltung
F_224	Ausfälle werden außerhalb Warnsituationen nicht wahrgenommen, innerhalb der kurzen Warnsituationen in FET 2.2.4 ist Weiterarbeit nach Ausfall nicht relevant

## TVZ\_UE18 Richtigkeit:

Tabelle 62: Tests TVZ\_UE18 Richtigkeit

ID	Kurzbeschreibung
T_F_1.3.2_UE01_K0106	Gemeinsames Template für F_132 und F_133 erforderlich. Begründung: Effizienz ist prüfbar über verschiedene Ausstattungsdaten. Ggf. könnte eine Anpassung der relevanten Parameter zur Berechnung der Rahmensignalpläne erforderlich sein.  Titel: Auswirkung der Steuerung auf die Verkehrseffizienz bei verschiedenen Penetrationsraten

Tabelle 63: Zurückweisung TVZ\_UE18 Richtigkeit

Funktions-ID	Begründung
F_113	Ist durch F_213 spezifiziert
F_121	Dieses Optimierungsziel zurückziehen. Der letzte Stand des Optimierungsziels T_F_1.2.1_01_K0138_K0200 reicht aus und optimiert das einzige was unsererseits zum optimieren ist: die Informationsgültigkeit.
F_212	Dieses wird im Rahmen des Tests T_F_2.1.2_01_K0101 und T_F_2.1.2_02_K0100 bereits überprüft!
F_213	Test siehe T_F_2.1.3_02_K0100 und T_F_2.1.3_03_K0101
F_214	Die Funktion ist nicht von der Ausstattungsrate abhängig. Entweder kommt ein Signal über EFZ oder nicht!
F_223	Für die Versuche und die Funktionalität reichen ein Sender und ein Empfänger. Keine Abhängigkeit von der Ausstattungsrate. Betrachtet man die Verkehrssicherheit spielt die Ausstattungsrate sehr wohl eine Rolle.
F_224	Abhängigkeit der Funktion 2.2.4 von der Ausstattungsrate aus theoretischen Überlegungen weitgehend bekannt.
F_311	Die Ausrüstungsrate hat keinen Einfluss auf die Funktion

## TVZ\_UE22 Stabilität:

Tabelle 64: Tests TVZ\_UE22 Stabilität

ID	Kurzbeschreibung
T_F_1.2.2_UE02_Kxxxx	Funktionsübergreifendes Validierungsziel zur Stabilität
T_F_1.3.3_UE01_K0100	Prüfung der Ausfallsicherheit (Stabilität) der sim <sup>TD</sup> Funktion 1.3.3

Tabelle 65: Zurückweisung TVZ\_UE22 Stabilität

Funktions-ID	Begründung
F_123	Test siehe T_F_1.2.3_UE01_K0100 zu TVZ_UE4
F_132	Das Logging erfolgt aktuell ohnehin kontinuierlich im Rahmen der Qualitätssicherung von LSAs. Bei Fehlern erfolgt automatisch eine Meldung per Mail an den Operator.
F_213	Test siehe T_F_2.1.3_02_K0100, T_F_2.1.3_03_K0101 und T_F_2.1.3_05_K0100
F_214	Die folgenden Test werden bereits alle in der Entwicklung als Abnahme Test ausgeführt und müssen nicht im aufwendigen Feldtest validiert werden
F_223	Die Funktion wird nur auf dem Testgelände getestet, es wird dazu keine aussagefähigen Daten geben
F_224	Teilaspekte adressiert in T_F_2.2.4_02_K0100
F_311	Ablauf und Messungsgröße identisch mit TUV_UE4

## TVZ\_UE30 Skalierbarkeit:

Tabelle 66: Tests TVZ\_UE30 Skalierbarkeit

ID	Kurzbeschreibung
T_F_1.1.2_UE04_K0104_K0204	FCD / Vollständig CAM Frequenz auf Testgelände
T_F_1.2.1_UE02_K0100_K0200_K0300	Funktionsverhalten unter Lastbedingungen  Dieser Test dient auch als Kommunikationslasttest
T_F_1.3.3_UE02_K0100_K0200	Skalierbarkeit – Funktionsergebnisse unter Lastszenarien
T_F_3.1.2_UE02_K0100	Test zur Bestimmung des Funktionsverhaltens unter Lastbedingungen

Tabelle 67: Zurückweisung TVZ\_UE30 Skalierbarkeit

Funktions-ID	Begründung
F_113	Funktion läuft auf der VsZ. Dort sind genügend Ressourcen verfügbar.
F_132	Das Logging erfolgt aktuell ohnehin kontinuierlich im Rahmen der Qualitätssicherung von LSAs. Bei Fehlern erfolgt automatisch eine Meldung per Mail an den Operator.
F_212	Dieses kann im Rahmen der Tests T_F_2.1.2_01_K0101 und T_F_2.1.2_02_K0100 überprüft werden indem das System mit Zusatzaufgaben oder einem DEN-Sturm belastet wird!
F_213	Test siehe T_F_2.1.3_02_K0100 und T_F_2.1.3_03_K0101
F_214	Die folgenden Test werden bereits alle in der Entwicklung als Abnahme Test ausgeführt und müssen nicht im aufwendigen Feldtest validiert werden
F_223	Wird durch T_F_2.2.3_04_K0100_K0200 abgedeckt
F_224	Spezifikation wäre möglich und sinnvoll, jedoch aus Zeitgründen bis 21.1.09 nicht erfolgt. Ggf. Nachtrag.
F_311	Die Funktion F_311 arbeitet ausschließlich über Mobilfunkverbindung zwischen IVS und ICS. Variierung mit der Anzahl der Nutzer (max. 400) bzw. mit den Fahrstrecken wird wohl keine wesentliche Unterschiede beim Performance der Funktion verursachen, soweit der Mobilfunkdienst steht.

## 2.2.5 Zusammenfassung technische Tests und Versuche der Funktionen

Basierend auf 147 funktionspezifisch und sechs funktionsübergreifend formulierten technischen Validierungszielen von AP12 wurden im Rahmen des AP13 insgesamt 99 technische Tests und Versuche durch die FETs spezifiziert.

Aufgrund von inhaltlichen Überschneidungen der technischen Tests und Versuche mit dem HMI und vor allem mit den nichttechnischen Versuchen ist es notwendig, sich untereinander abzustimmen. So stehen die zugehörigen Gruppen in regem Austausch der jeweiligen Spezifikationstemplates, um bei der späteren Durchführung der Tests Doppelarbeit zu vermeiden und somit Ressourcen zu sparen. Eine Übersicht der entsprechenden Überlappungen ist hier nicht als sinnvoll zu erachten, da sich die Arbeitsgruppen noch im ständigen Austausch befinden.



Zur Übersicht beinhalten folgende Tabelle 68 und Tabelle 69 eine Zusammenfassung aller technischen Tests und Versuche der Funktionen inklusive ihrer Test-ID sowie Angaben zur Testart, zum Testort, der benötigten Fahrzeuganzahl und der ISO-Kategorie des zugrundeliegenden Validierungsziels.

Tabelle 68: Zusammenfassung funktionsspezifische Tests und Versuche

	Testart			Testort							Anzahl	Validierungsziel der ISO-Kategorie		
	Validierung	Optimierung	Charakterisierung	Prüfstand	Simulation	Testgelände	freie Flotte	naive Fahrer	Expertenfahrer	Fahrzeuge		Funktionalität	Zuverlässigkeit	Effizienz
Funktionsspezifische Tests und Versuche														
T_F_1.1.2_01_K0102	x					x				3		x		
T_F_1.1.2_02_K0102	x					x				3		x		
T_F_1.1.2_03_K0100_K0200			x				x					x		
T_F_1.1.2_04_K0100	x					x				3		x		
T_F_1.1.2_05_K0100_K0200_K0300_K0400			x				x					x		
T_F_1.1.3_01_K0103	x						x	x	x	Min. 10		x		
T_F_1.1.3_02_K0100	x			x								x		
T_F_1.1.3_03_K0100	x			x								x		
T_F_1.1.4_01_K01xx_K02xx_K03xx_K04xx	x	x			x			x	x	bis 100		x		
T_F_1.1.4_02_K0105_K02xx_K03xx	x						x					x		
T_F_1.2.1_01_K0138_K0200		x		x	x	x				Min. 4		x		
T_F_1.2.1_02_K0100	x			x								x		
T_F_1.2.1_03_K0100	x			x								x		
T_F_1.2.1_04_K0102	x				x	x			x	Min. 6				x
T_F_1.2.2_01_K0102	x							x				x		
T_F_1.2.2_02_K0100_K02xx	x			x				x		1		x		
T_F_1.2.2_03_K0100_K02xx	x			x				x		1		x		
T_F_1.2.2_04_K0101	x							x	x	50 davon 10 Experten		x		
T_F_1.2.2_05_K0101		x						x	x	50 davon 10 Experten		x		
T_F_1.2.2_06_K0112	x							x		50				x
T_F_1.2.2_07_K0112	x							x	x	50				x
T_F_1.2.3_01_K0104	x				x			x	x			x		
T_F_1.2.3_02_K0101	x			x								x		
T_F_1.2.3_03_K01xx		x			x							x		
T_F_1.2.3_04_K0104_K0200	x			x	x		(x)	(x)	(x)					x
T_F_1.3.1_01_K01xx_K02xx	x	x						x	x			x		
T_F_1.3.1_02_K01xx	x						x					x		

	Testart			Testort							Anzahl	Validierungsziel der ISO-Kategorie		
	Validierung	Optimierung	Charakterisierung	Prüfstand	Simulation	Testgelände	freie Flotte	naive Fahrer	Expertenfahrer		Fahrzeuge	Funktionalität	Zuverlässigkeit	Effizienz
T_F_1.3.2_01_K0100_K0200	x							x			50	x		
T_F_1.3.2_02_K0100_K0200_K0300	x						x				50	x		
T_F_1.3.2_03_K0100		x						x			50	x		
T_F_1.3.3_01_K0115_K0215_K0315_K0415	x				x						300	x		
T_F_1.3.3_02_K0108_K0208_K0308	x			x		x					25	x		
T_F_1.3.3_03_K0106	x					x					22			x
T_F_2.1.1_01_K0102_K0204	x			x		x					1	x		
T_F_2.1.1_02_K0100		x				x		x			100	x		
T_F_2.1.1_03_K0102	x			x			x	x			1	x		
T_F_2.1.1_04_K0104_K0204		x				x		x	x		55	x		
T_F_2.1.1_05_K0102_K0202	x			x		x					1	x		
T_F_2.1.1_06_K0100	x			x				x			11			x
T_F_2.1.1_07_K0115	x					x					1		x	
T_F_2.1.1_08_K0108		x				x			x		Min. 22			x
T_F_2.1.1_09_K0115_K0205		x				x					1	x		
T_F_2.1.1_10_K0105		x							x		2	x		
T_F_2.1.2_01_K0101	x								x		15	x		
T_F_2.1.2_02_K01xx	x							x				x		
T_F_2.1.2_03_K0101 (KLT)	x								x		50			
T_F_2.1.3_01_K0103	x	x				x		x	x		1	x		
T_F_2.1.3_02_K0100	x							x	x		5	x		
T_F_2.1.3_03_K0101	x						x				5	x		
T_F_2.1.3_04_K0100	x			x							1	x		
T_F_2.1.3_05_K0100	x			x							1	x		
T_F_2.1.4_01_K0110	x					x		x	x		21	x		
T_F_2.1.4_02_K0110	x							x	x		91	x		
T_F_2.1.4_03_K0102	x					x					4		x	
T_F_2.2.1_01_K0106_K0201_K0300	x					x	x	x	x		1	x		
T_F_2.2.1_02_K0135		x				x					1			x
T_F_2.2.2_01_K0101	x					x					3	x		

	Testart			Testort							Anzahl	Validierungsziel der ISO-Kategorie		
	Validierung	Optimierung	Charakterisierung	Prüfstand	Simulation	Testgelände	freie Flotte	naive Fahrer	Expertenfahrer	Fahrzeuge		Funktionalität	Zuverlässigkeit	Effizienz
T_F 2.2.2_02_K0101		x				x			x	1		x		
T_F 2.2.2_03_K0100	x					x	x	x	x			x		
T_F 2.2.2_04_K0100		x				x	x	x	x			x		

T_F 2.2.3_01_K0103	x			x		x				1		x		
T_F 2.2.3_02_K0107	x			x		x				2		x		
T_F 2.2.3_03_K0102	x			x						2			x	
T_F 2.2.3_04_K0100_K0200 (KLT)	x			x						42				x

T_F 2.2.4_01_K01xx	x	x				x		x	x	Min. 2		x		
T_F 2.2.4_02_K0100	x	x				x			x	1		x		
T_F 2.2.4_03_K0103	x					x			x	1		x		
T_F 2.2.4_04_K01xx	x					x			x	1		x		
T_F 2.2.4_05_K0103		x				x			x	1		x		
T_F 2.2.4_06_K01xx		x				x		x	x	1		x		
T_F 2.2.4_07_K01xx		x				x		x	x	1		x		
T_F 2.2.4_08_K01xx		x				x		x	x	Min. 2		x		
T_F 2.2.4_09_K01xx		x				x				Min. 2				x

T_F 3.1.1_01_K0100	x			x					x	1		x		
T_F 3.1.1_02_K0100_K0200_K0301_K0400_K0500	x								x	1				x

T_F 3.1.2_01_K0104	x								x	1		x		
T_F 3.1.2_02_K0105	x								x	1		x		
T_F 3.1.2_03_K0110	x								x	1		x		
T_F 3.1.2_04_K0100			x				x	x	x	1				x

SUMME	59	22	3	21	7	34	12	30	35			63	3	12
-------	----	----	---	----	---	----	----	----	----	--	--	----	---	----

Tabelle 69: Zusammenfassung funktionsübergreifende Tests und Versuche

	Testart			Testort							Anzahl	Validierungsziel der ISO-Kategorie				
	Validierung	Optimierung	Charakterisierung	Prüfstand	Simulation	Testgelände	freie Flotte	naive Fahrer	Expertenfahrer	Fahrzeuge		Funktionalität	Zuverlässigkeit	Effizienz	Änderbarkeit	Übertragbarkeit
Funktionsübergreifende Tests und Versuche																
T_F_1.1.2_UE01_K0100_K0200_K0300_K0400			x				x						x			
T_F_1.1.2_UE02_K0100_K0200_K0300_K0400			x				x						x			
T_F_1.1.2_UE03_K0100_K0200			x				x						x			
T_F_1.1.2_UE04_K0104_K0204			x			x				3				x		
T_F_1.2.1_UE01_K0100	x				x	x				Min. 6		x				
T_F_1.2.1_UE02_K0100_K0200_K0300 (KLT)		x			x	x				Min. 6			x			
T_F_1.2.2_UE01_Kxxxx	x			x				x				x				
T_F_1.2.2_UE02_Kxxxx	x			x				x							x	
T_F_1.2.3_UE01_K0100	x							x		1		x			x	
T_F_1.3.2_UE01_K0106			x					x		100		x				
T_F_1.3.3_UE01_K0100	x						x			20					x	
T_F_1.3.3_UE02_K0100_K0200	x					x				47			x			
T_F_2.1.1_UE01_K0104		x		x			x	x	x	Min. 3		x				
T_F_2.2.2_UE01_K0100	x					x			x	1		x				
T_F_2.2.2_UE02_K0101	x								x	1		x				
T_F_2.2.2_UE03_K0100	x								x	1		x				
T_F_2.2.2_UE04_K0100	x			x								x				
T_F_3.1.1_UE01_K0100_K0200	x								x	1		x				
T_F_3.1.2_UE01_K0100	x						x	x	x	1		x				
T_F_3.1.2_UE02_K0100	x						x	x	x	1			x			
SUMME	13	2	5	4	2	5	7	7	7			2	12	4	3	0

## 2.3 Zuordnung zu den Bewertungskriterien aus TP5

Um dem TP5-Team die Zuordnung der *technischen* Test- und Versuchsfälle zu den im Deliverable D5.1 genannten Anforderungen zu erleichtern, wurden die Test- und Versuchsfälle den im D5.1 genannten Themenbereichen und Bewertungskriterien mit ihren jeweiligen Kenngrößen zugeordnet. Die Zuordnung befindet sich in Form eines MS Excel-Dokuments im Anhang 4 dieses Deliverables.

Dazu dienen die Tabellen aus Annex 1 bis 6 des D5.1 als Basis. Sie wurden erweitert um jeweils eine Spalte mit einer Referenz auf die Test- und Versuchsfälle, die ein Bewertungskriterium adressieren. Optional erläutert ein Kommentar die Zuordnung.

Die *nicht-technischen* Versuchsfälle (Anhang 3 dieses Deliverables) orientieren sich ohnehin an den TP5-Bewertungskriterien, so dass sie im Anhang 4 nicht mehr explizit zugeordnet werden.

## 3 Nicht-technische Test- und Versuchsfälle

### 3.1 Erweiterte Versuchsmatrix für nicht-technische Fragestellungen

#### 3.1.1 Konzeption einer Erweiterten Versuchsmatrix

##### 3.1.1.1 Ausgangspunkt

Im Rahmen des Forschungsprojekts sim<sup>TD</sup> werden 21 C2X-Funktionen mit insgesamt 36 Anwendungsfällen entwickelt, die hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf den Fahrer und die verkehrliche Umwelt zu untersuchen sind. Hierfür wurden fünf nicht-technische Fragestellungen definiert: Nutzerakzeptanz, Fahr- und Verkehrseffizienz sowie Fahr- und Verkehrssicherheit (siehe Kapitel 3.1.1.2).

Bei den fünf sim<sup>TD</sup>-Funktionen der Hauptfunktion HF1.1 mit insgesamt acht Anwendungsfällen werden keine nicht-technische Fragestellungen adressiert. Die entsprechenden Funktionen (sog. Basisfunktionen) sind Grundlage für andere sim<sup>TD</sup>-Funktionen und werden durch die technischen Tests und technischen Versuche geprüft. Es finden für diese sim<sup>TD</sup>-Funktionen keine direkten Interaktionen mit dem Fahrer statt. Durch die Überprüfung der Validität der darauf aufbauenden sim<sup>TD</sup>-Funktionen wird die Qualität der Basisfunktionen indirekt geprüft (z.B. bei einer Wetterwarnung (F\_2.1.3) wird die Qualität der Basisfunktion „Ermittlung der Verkehrswetterlage“ (F\_1.1.3) geprüft). Daher ist eine Berücksichtigung dieser Funktionen bei der Betrachtung der nicht-technischen Fragestellungen nicht sinnvoll.

Zur Realisierung der notwendigen Untersuchungen stehen **fünf Versuchsumgebungen** zur Verfügung (siehe auch Kapitel 3.1.1.2; in Klammern sind die nachfolgend verwendeten Abkürzungen dargestellt):

- Feldversuch im Versuchsgebiet mit interner Flotte (IF)
- Feldversuch im Versuchsgebiet mit externer Flotte (EF)
- Testgelände (interne Flotte) (TG)
- Fahrsimulation (FS)
- Verkehrssimulation (VS)

Daraus ergeben sich potenziell  $28 \times 5 \times 5 = 700$  Kombinationen aus Anwendungsfall, nicht-technischer Fragestellung und Versuchsumgebung. Aufgrund dieser großen Anzahl von theoretisch möglichen nicht-technischen Versuchsfällen und der limitierten geplanten Versuchsdauer im Rahmen von Teilprojekt TP4 „Versuchsdurchführung“ sind gezielte Überlegungen zur Durchführung der nicht-technischen Versuche notwendig: Es ist anhand von festgelegten Kriterien zu untersuchen, ob die jeweiligen Kombinationen überprüft werden sollen (siehe Kapitel 3.1.1.3). So hat z.B. nicht jeder Anwendungsfall einen Einfluss auf jede der nicht-technischen Fragestellungen und sollte daher diesbezüglich nicht untersucht werden.

Aus diesen Überlegungen ergibt sich die sog. Erweiterte Versuchsmatrix, die eine systematische Übersicht pro Anwendungsfall darstellt,

- welche übergeordneten Fragestellungen
- in welcher Versuchsumgebung



im Rahmen von Teilprojekt TP4 „Versuchsdurchführung“ überprüft werden können bzw. sollen (siehe Kapitel 3.1.2).

### 3.1.1.2 Dimensionen der Erweiterten Versuchsmatrix

#### Nicht-technische Fragestellungen in sim<sup>TD</sup>

Im Rahmen von sim<sup>TD</sup> (siehe z.B. Vorhabensbeschreibung) wurden folgende nicht-technische Fragestellungen als zentral für die Bewertung der ausgewählten sim<sup>TD</sup>-Anwendungsfälle in den von Teilprojekt TP4 durchzuführenden Versuchen definiert:

- Auswirkungen der sim<sup>TD</sup>-Anwendungsfälle auf Nutzerakzeptanz
- Auswirkungen der sim<sup>TD</sup>-Anwendungsfälle auf Fahr- und Verkehrseffizienz
- Auswirkungen der sim<sup>TD</sup>-Anwendungsfälle auf Fahr- und Verkehrssicherheit

Voraussetzung für die Prüfung der Auswirkungen der sim<sup>TD</sup>-Anwendungsfälle ist deren Benutzbarkeit. Aus diesem Grund wurde die Benutzbarkeit als weitere eigenständige nicht-technische Fragestellung aufgenommen, die im Rahmen von nicht-technischen Tests in den Teilprojekten TP2 und TP3 zu adressieren ist, bevor nicht-technische Versuche in TP4 durchgeführt werden können. Da zum Zeitpunkt der Berichtslegung die HMI-Spezifikation noch nicht fertig gestellt ist und weil die Erweiterte Versuchsmatrix als Versuchsplanungstool ausschließlich für TP4 herangezogen wird, wird die Benutzbarkeit im folgenden Text nicht weiter berücksichtigt. Die Projektpartner des DFKI, das für das sim<sup>TD</sup>-HMI zuständig ist, werden entsprechende nicht-technische Testfälle im Rahmen von AP22 „Fahrzeugseitiges Subsystem“ spezifizieren und durchführen.

Zusammenfassend wurden für die Erweiterte Versuchsmatrix in der Dimension „Nicht-technische Fragestellungen in sim<sup>TD</sup>“ folgende Kategorien gewählt:

- Nutzerakzeptanz  
Die Nutzerakzeptanz betrachtet die Akzeptanz des sim<sup>TD</sup>-Anwendungsfalls durch den Fahrer. Es ist folgende Unterscheidung zu treffen:
  - Subjektive Ebene:  
Beurteilung des sim<sup>TD</sup>-Anwendungsfalls durch den Fahrer (z.B. „System hat mich rechtzeitig informiert“, „System hat die Fahrsicherheit erhöht“, „System hat den Fahrkomfort erhöht“)
  - Objektive Ebene:  
Nutzungs-/Reaktionsverhalten der Fahrer auf sim<sup>TD</sup>-Anwendungsfall (z.B. Befolungsraten und -geschwindigkeit auf sim<sup>TD</sup>-Meldung/Information)
- Fahr- und Verkehrseffizienz  
Fahr- und Verkehrseffizienz adressieren mögliche Wirkungen eines sim<sup>TD</sup>-Anwendungsfalls auf die Effizienz eines einzelnen Fahrers/Nutzers (Fahreffizienz) bzw. eines Verkehrssystems (Verkehrseffizienz). Mögliche Kenngrößen sind beispielsweise Reisezeit, Geschwindigkeit, Kraftstoffverbrauch und/oder Streckenlänge. *Fahr- und Verkehrseffizienz werden jeweils in Abhängigkeit von IVS-Ausstattungsrate, Verkehrszustand, Straßenkategorie etc. ermittelt*
  - Fahreffizienz:  
Für die Validierung der Fahreffizienz im Projekt sim<sup>TD</sup> werden die relevanten Kenngrößen für die Fahrzeuge mit Fahrer-Information/Warnung mit den Kenngrößen der Fahrzeuge ohne Fahrer-Information/Warnung verglichen.

Um diesen Vergleich vornehmen zu können, wird auch bei Fahrzeugen ohne Fahrer-Information/Warnung aufgezeichnet, wann der Fahrer welche Information/Warnung erhalten hätte.

Für Anwendungsfälle, bei denen der Fahrer keine Information/Warnung erhält (z.B. A\_1.3.3.3 Reduzierung von Wartezeiten des Individualverkehrs), bezieht sich die Fahreffizienz auf den Vergleich der relevanten Kenngrößen für die Fahrzeuge, die Fahrzeugdaten (z.B. FCD) für den Anwendungsfall liefern (kommunizieren), mit den relevanten Kenngrößen für die Fahrzeuge, die keine Fahrzeugdaten für den Anwendungsfall liefern (kommunizieren).

- Verkehrseffizienz:  
Für die Validierung der Verkehrseffizienz im Projekt sim<sup>TD</sup> werden die relevanten Kenngrößen für alle Fahrzeuge im Wirkungsbereich des Anwendungsfalls ermittelt und ausgewertet.
- Fahr- und Verkehrssicherheit  
Fahr- und Verkehrssicherheit adressieren mögliche Wirkungen eines sim<sup>TD</sup>-Anwendungsfalls auf die Sicherheit eines einzelnen Fahrers/Nutzers (Fahrsicherheit) bzw. eines Verkehrssystems (Verkehrssicherheit). Mögliche Kenngrößen sind beispielsweise: Geschwindigkeitsverhalten, Abstandsverhalten und/oder Reaktionsverhalten auf für die Fahrzeugführung relevante Informationen. *Fahr- und Verkehrssicherheit werden jeweils in Abhängigkeit von IVS-Ausstattungsrate, Verkehrszustand, Straßenkategorie etc. ermittelt.*
- Fahrsicherheit:  
Für die Validierung der Fahrsicherheit im Projekt sim<sup>TD</sup> werden die relevanten Kenngrößen für die Fahrzeuge mit Fahrer-Information/Warnung mit den Kenngrößen der Fahrzeuge ohne Fahrer-Information/Warnung verglichen. Auch bei Fahrzeugen ohne Fahrer-Information/Warnung wird aufgezeichnet, wann der Fahrer welche Information/Warnung erhalten hätte.
- Verkehrssicherheit:  
Für die Validierung der Verkehrssicherheit im Projekt sim<sup>TD</sup> werden die relevanten Kenngrößen für alle Fahrzeuge im Wirkungsbereich des Anwendungsfalls ermittelt.  
Abbildung 1 verdeutlicht den Unterschied zwischen Fahr- und Verkehrseffizienz bzw. Fahr- und Verkehrssicherheit.

IVS-Ausstattungsrate	0%	25%	50%	75%	100%
Fahrzeuge					
Ohne Fahrer-Info/Warnung	58	56	52	49	-
Fahreffizienz / Fahrsicherheit					
Mit Fahrer-Info/Warnung	-	49	44	46	42
Alle Fahrzeuge	58	54	48	47	42
Verkehrseffizienz / Verkehrssicherheit					

Abbildung 1: Erläuterung des Unterschieds zwischen Fahr- und Verkehrseffizienz bzw. Fahr- und Verkehrssicherheit an einem **fiktiven** Beispiel (die Zahlen könnten beispielsweise die jeweilige mittlere Reisezeit oder die jeweilige maximale Geschwindigkeit sein).

## Versuchsumgebungen für nicht-technische Ziele

Die sim<sup>TD</sup>-Versuche im Rahmen von TP4 werden in den folgenden Versuchsumgebungen durchgeführt (für eine Übersicht über Möglichkeiten und Grenzen der einzelnen Versuchsumgebungen siehe Kap. 3.2.2):

- Versuchsgebiet (siehe Abbildung 2):  
Ein Teil des Verkehrsraums in der Stadt Frankfurt/Main und ausgewählte angrenzenden Bundesstraßen und Autobahnen des Landes Hessen, die mit für die sim<sup>TD</sup>-Technologie notwendiger Infrastruktur ausgestattet sind. Hier wird die Versuchsflotte eingesetzt, die wiederum aus der internen und der externen Flotte besteht:
  - Interne Flotte:  
Angeleitete Fahrer in angemieteten und mit sim<sup>TD</sup>-Technologie ausgestatteten Fahrzeugen, welche von den Mitarbeitern der Versuchszentrale Aufgaben gemäß den Drehbüchern<sup>3</sup> erhalten und gezielt bestimmte Fahrsituationen aufsuchen bzw. realisieren.
  - Externe Flotte:  
Fahrer, die selbstbestimmt im Versuchsgebiet unterwegs sind (z.B. Pendler in privaten Fahrzeugen oder Mitarbeiter der Stadt Frankfurt/Main in Dienstfahrzeugen). Die genaue Zusammensetzung ist zum Zeitpunkt der Berichtslegung noch nicht

<sup>3</sup> Unter dem Begriff „Drehbuch“ wird ein detaillierter Plan für die Planung und Durchführung der technischen und nicht-technischen Versuche in TP4 „Versuchsdurchführung“ verstanden. Bestandteile dieser „Drehbücher“ sind z.B. Angaben, (a) wie viele Fahrzeuge zu welchem Zeitpunkt welche Aufgabe bekommen, (b) wie die Daten von Fahrern und Fahrzeugen mit infrastrukturseitig generierten Daten und der Auswertung zugeführt werden, (c) wo die einzelnen Versuche stattfinden werden, (d) mit welchen Penetrationsraten und Verkehrszuständen die Versuche wie häufig wiederholt werden sowie (e) welche Ausstattung für die Infrastruktur notwendig sein wird.

festgelegt). Die Fahrzeuge sind mit sim<sup>TD</sup>-Technologie ausgestattet. Da die Fahrer sich frei bewegen, sind auch Fahrten außerhalb des Versuchsgebiets möglich.

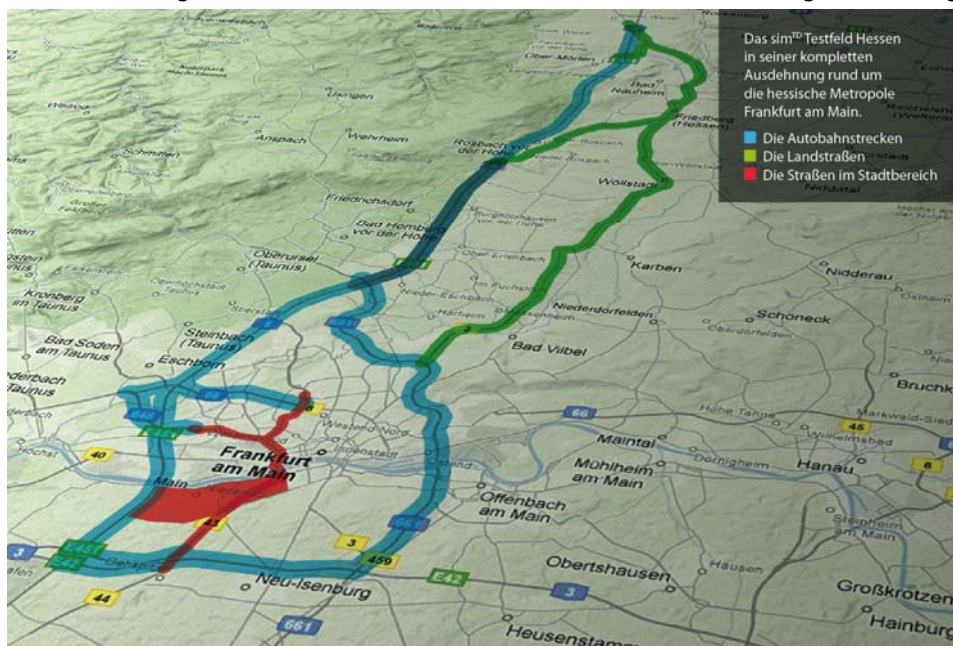


Abbildung 2: Inner- und außerstädtische Teile des sim<sup>TD</sup>-Versuchsgebiets

- Testgelände:  
Angemietetes und geschlossenes Gelände, das mit für die sim<sup>TD</sup>-Technologie notwendiger Infrastruktur ausgestattet ist und auf dem u. a. die Fahrer der internen Flotte sowie der OEM-Testflotte eingesetzt werden. Die Steuerung der verschiedenen Fahrzeugflotten im Rahmen der Versuche in TP4 erfolgt über das Testsystem. Die Fahrer erhalten von den Mitarbeitern der Versuchszentrale Aufgaben gemäß den Drehbüchern. Da das Gelände geschlossen ist, gibt es hier keinen öffentlichen Verkehr bzw. ausschließlich Verkehr, der durch die Versuchsleitung gesteuert wird. Die Ausstattung des Testgeländes ist zum Zeitpunkt der Berichtslegung noch nicht endgültig definiert.
- Simulationslabor
  - Fahrsimulation:  
Simulationsumgebung, in der ein Fahrer durch eine virtuelle Szenerie fährt. Die Versuchsbedingungen (z.B. Wetter, umgebender Verkehr, Meldungen von sim<sup>TD</sup>-Anwendungsfällen, Bebauung) sind kontrolliert herstellbar, d.h. durch die Versuchsleitung gesteuert. Hierdurch können gezielt Variationen von Fahrsituationen unter kontrollierten Rahmenbedingungen hergestellt werden. Es ist der Einsatz verschiedener Varianten von Fahrsimulationen (von einer einfachen PC-Simulation bis hin zu einer High-Fidelity Simulation mit Bewegungssystem) möglich.
  - Verkehrssimulation:  
Simulationsumgebung, in der viele Fahrer-Fahrzeug-Einheiten simuliert werden (mikroskopische Verkehrssimulation), die sich in einem virtuellen Abbild des Versuchsgebiets bewegen. Reale Verkehrszustände werden abgebildet und das durch die sim<sup>TD</sup>-Anwendungsfälle geänderte Verhalten der Fahrer-Fahrzeug-Einheiten wird gemäß den Ergebnissen aus Fahrsimulation und Feldversuch modelliert. Die C2X- Kommunikation wird dabei über ein stochastisches Modell abgebildet.

### 3.1.1.3 Kriterien der Überprüfbarkeit

Zur Bestimmung der Überprüfbarkeit von Kombinationen aus Anwendungsfall, nicht-technischer Fragestellung und Versuchsumgebung wurden ursprünglich zwei Kriterien definiert: „Realisierbarkeit“ von Versuchsfällen sowie „Erwartete Wirkung“ bei der Überprüfung von sim<sup>TD</sup>-Anwendungsfällen (siehe Vorversion dieses Dokuments, Working Document W13.1). Um konkrete Vorgaben bezüglich der Versuchsplanung zu liefern, wurde die Erweiterte Versuchsmatrix auf die Spalte „Realisierbarkeit“ begrenzt, wobei „Realisierbarkeit“ abgeändert wurde in **„Realisierung im Rahmen der nicht-technischen Versuche geplant“**.

Im Rahmen dieses Kriteriums wird bestimmt, ob die Untersuchung der Kombination aus Anwendungsfall, Fragestellung und Versuchsumgebung in den nicht-technischen sim<sup>TD</sup>-Versuchen geplant ist. Voraussetzungen für eine Planung sind zum einen verschiedene technische Faktoren (z.B. technische Ausstattung der Fahrzeuge und der Versuchsumgebung), Darstellbarkeit (insbesondere im Simulationslabor) oder ethische und rechtliche Bedenken. Weiterhin müssen experimentelle Anordnungen herstellbar sein.

Nach Sarris und Reiß (2005) sind Voraussetzungen für experimentelle Anordnungen:

- Systematische Beobachtung der Abhängigen Variablen<sup>4</sup> (z.B. Messgrößen)
- Manipulation von Unabhängigen Variablen<sup>5</sup> (z.B. (De-)Aktivierung von sim<sup>TD</sup>-Anwendungsfällen und Bildung von Experimental- und Kontrollgruppe)
- Kontrolle von Störvariablen (z.B. Umgebungsverkehr)

Zum anderen sind für die Realisierung Überlegungen hinsichtlich des zusätzlichen Erkenntnisgewinns einer Untersuchung gegenüber den anderen geplanten Untersuchungen notwendig (z.B. sollte eine Untersuchung im Testgelände nur dann durchgeführt werden, wenn in dieser zusätzliche Erkenntnisse gegenüber den Versuchen in den übrigen Versuchsumgebungen zu erwarten sind).

### 3.1.2 Erweiterte Versuchsmatrix

Zusammenfassend ergibt sich die Erweiterte Versuchsmatrix pro Anwendungsfall (siehe Tabelle 70), in der für jede der Kombinationen aus nicht-technischer Fragestellung und Versuchsumgebung die Überprüfbarkeit anhand des Kriteriums „Realisierung im Rahmen der nicht-technischen Versuche geplant“ dargestellt wird:

- In den Zeilen sind die Versuchsumgebungen dargestellt.
- In den Spalten sind die nicht-technischen Fragestellungen dargestellt.

Für jede dieser Kombinationen kann anhand der Spalte „R“ (für Realisierung im Rahmen der nicht-technischen Versuche geplant) das Zutreffen anhand folgender Kategorien definiert werden:

- „x“ bedeutet zutreffend,

---

<sup>4</sup> Unter einer „Abhängigen Variable“ versteht man eine Variable, die zum »Dann«-Teil einer Hypothese gehört und in der sich die Wirkungen der Unabhängigen Variablen (Ursachen, Bedingungen) widerspiegeln (Bortz & Döring, 2006).

<sup>5</sup> Unter einer „Unabhängigen Variable“ versteht man eine Variable, die zum »Wenn«-Teil einer Hypothese gehört (Bortz & Döring, 2006).



- „o“ bedeutet nicht zutreffend,

Gegebenenfalls können anhand von Kommentarfeldern Ergänzungen und Erläuterungen gegeben werden.

Tabelle 70: Erweiterte Versuchsmatrix mit den Dimensionen „Nicht-technische Fragestellungen in sim<sup>TD</sup>“ und „Versuchsumgebungen für nicht-technische Ziele“.

		Akzeptanz		Fahreffizienz		Verkehrseffizienz		Fahrsicherheit		Verkehrssicherheit	
Versuchsumgebung		R	Kommentare	R	Kommentare	R	Kommentare	R	Kommentare	R	Kommentare
Feld	interne Flotte										
	externe Flotte										
Testgelände											
Simulation	Fahrsim.										
	Verkehrssim.										

### 3.1.2.1 Vorgehen

Die Arbeiten zur Erweiterten Versuchsmatrix im Rahmen von AP13 gestalteten sich wie folgt:

1. Konzeption der Erweiterten Versuchsmatrix (Verantwortlichkeit: IZVW und TUM-VT)
2. Initiale Befüllung der Erweiterten Versuchsmatrix als Diskussionsgrundlage
  - a. Nutzerakzeptanz und Fahrsicherheit sowie Fahrsimulation (Verantwortlich: IZVW)
  - b. Fahr-/Verkehrseffizienz und Fahr- und Verkehrssicherheit sowie Verkehrssimulation (Verantwortlich: TUM-VT)
3. Kommentierung und Ergänzung der initialen Befüllung der Erweiterten Versuchsmatrix (Verantwortlichkeit: Funktionsentwicklungsteams (FETs))
4. Gemeinsame Diskussion der FET-Rückmeldungen und Konsolidierung der Erweiterten Versuchsmatrix (für Ergebnisse siehe W13.1, Verantwortlichkeit: IZVW und TUM-VT).
5. Finale Konsolidierung der Erweiterten Versuchsmatrix nicht-technischer Versuchsfälle (siehe Kapitel 3.1.2.2) in gemeinsamer Diskussion (Verantwortlichkeit: IZVW, TUM-VT und FETs)

Die FETs wurden in dem unter (2) genannten Schritt konkret gebeten, für den jeweiligen von ihnen betreuten sim<sup>TD</sup>-Anwendungsfall

1. die initiale Befüllung der Erweiterten Versuchsmatrix zu studieren und
2. im Falle von Diskrepanzen zwischen der Diskussionsgrundlage und eigenen Vorschlägen diese kenntlich zu machen (entweder durch eine Kommentierung oder eine Abänderung der Diskussionsgrundlage).

Die im Rahmen von AP13 erstellten und ausgefüllten Erweiterten Versuchsmatrizen sind Grundlage für weitere Arbeiten im AP13 bei der Erstellung von Versuchsfällen und werden an AP41 „Versuchsdesign“ zur Erstellung eines Prüfkonzepts sowie zur Erstellung der Drehbücher übergeben.

Die im folgenden Kapitel 3.1.2.2 und im Anhang 3 dargestellten Erweiterten Versuchsmatrizen (siehe Tabelle 71 und Anhang 3) basieren auf dem Wissensstand zum Zeitpunkt der Erstellung von D13.2. Im weiteren Arbeitsprozess von sim<sup>TD</sup> ist es möglich, dass es hierbei zu Ergänzungen oder Überarbeitungen kommen wird.

### 3.1.2.2 Zusammenfassung

Im Rahmen von AP13 wurde untersucht, welche nicht-technischen Fragestellungen des jeweiligen Anwendungsfalles in welcher Versuchsumgebung überprüft werden können. Tabelle 71 gibt darüber einen Überblick. Es sind dabei ausschließlich die Anwendungsfälle aufgelistet, deren Realisierung in der entsprechenden Versuchsumgebung geplant ist.

Tabelle 71: Auflistung der Anwendungsfälle in Abhängigkeit der nicht-technischen Fragestellung und Versuchsumgebung.

Validierungs- ziel Versuchs- umgebung	Akzeptanz	Fahr- effizienz	Verkehrs- effizienz	Fahr- sicherheit	Verkehrs- sicherheit
<b>Interne Flotte</b>	A_1.2.1.2 A_1.2.1.3 A_1.2.1.4 A_1.2.2.1 A_1.2.2.2 A_1.2.3.2 A_1.3.1.1 A_2.1.1.2 A_2.1.1.4 A_2.1.1.5 A_2.1.2.1 A_2.1.3.1 A_2.1.4.1 A_2.2.1.1 A_2.2.1.2 A_2.2.2.1 A_2.2.2.2 A_2.2.2.3 A_2.2.4.1 A_3.1.1.7 A_3.1.2.3 A_3.1.2.4	A_1.2.1.2 A_1.2.2.1 A_1.2.2.2 A_1.2.3.2 A_1.3.1.1 A_1.3.2.1 A_1.3.3.3 A_2.1.2.1 A_2.2.1.1 A_2.2.1.2 A_2.2.2.1 A_2.2.2.2 A_3.1.1.7 A_3.1.2.4	A_1.2.1.2 A_1.2.2.1 A_1.2.2.2 A_1.3.2.1 A_1.3.3.3 A_2.2.1.1 A_2.2.1.2 A_2.2.2.1 A_2.2.2.2	A_1.2.1.2 A_1.2.1.3 A_1.2.1.4 A_1.2.2.1 A_1.2.2.2 A_2.1.1.2 A_2.1.1.4 A_2.1.1.5 A_2.1.2.1 A_2.1.3.1 A_2.1.4.1 A_2.2.1.1 A_2.2.1.2 A_2.2.2.1 A_2.2.2.2 A_2.2.2.3 A_2.2.4.1	A_1.2.1.2 A_1.2.1.3 A_1.2.2.1 A_1.2.2.2 A_2.1.2.1 A_2.1.2.1 A_2.2.1.1 A_2.2.1.2 A_2.2.2.1 A_2.2.2.2 A_2.2.2.3
<b>Externe Flotte</b>	A_1.2.1.2 A_1.2.1.3 A_1.2.1.4 A_1.2.2.1 A_1.2.2.2 A_1.2.3.2 A_1.3.1.1 A_2.1.1.2 A_2.1.1.4 A_2.1.1.5 A_2.1.2.1 A_2.1.3.1 A_2.1.4.1 A_2.2.1.1 A_2.2.1.2 A_2.2.2.1 A_2.2.2.2 A_2.2.4.1 A_3.1.1.7 A_3.1.2.3 A_3.1.2.4	A_1.2.3.2 A_1.3.1.1 A_2.2.1.1 A_2.2.1.2	A_1.3.2.1	A_2.1.3.1 A_2.2.4.1	
<b>Testgelände</b>	A_2.1.4.1 A_2.2.2.1 A_2.2.2.2 A_2.2.2.3 A_2.2.3.4 A_2.2.4.1	A_1.3.3.1 A_1.3.3.2 A_1.3.3.3 A_2.1.4.1 A_2.2.2.1 A_2.2.2.2	A_1.3.3.3 A_2.2.2.1 A_2.2.2.2	A_2.1.4.1 A_2.2.2.1 A_2.2.2.2 A_2.2.2.3 A_2.2.3.4 A_2.2.4.1	A_2.2.2.1 A_2.2.2.2 A_2.2.4.1



Validierungs- ziel Versuchs- umgebung	Akzeptanz	Fahr- effizienz	Verkehrs- effizienz	Fahr- sicherheit	Verkehrs- sicherheit
<b>Fahrsimulation</b>	A_1.2.1.2 A_1.2.1.3 A_1.2.1.4 A_1.2.2.1 A_2.1.1.2 A_2.1.1.4 A_2.1.1.5 A_2.1.2.1 A_2.1.3.1 A_2.1.4.1 A_2.2.1.1 A_2.2.1.2 A_2.2.2.1 A_2.2.2.2 A_2.2.2.3 A_2.2.3.4 A_2.2.4.1	A_1.2.1.2 A_2.2.1.1 A_2.2.1.2 A_2.2.2.1 A_2.2.2.2		A_1.2.1.2 A_1.2.1.3 A_1.2.2.1 A_2.1.1.2 A_2.1.1.4 A_2.1.1.5 A_2.1.2.1 A_2.1.3.1 A_2.1.4.1 A_2.2.1.1 A_2.2.1.2 A_2.2.2.1 A_2.2.2.2 A_2.2.2.3 A_2.2.3.4 A_2.2.4.1	
<b>Verkehrssimulation</b>		A_1.2.1.2 A_1.2.2.2 A_1.2.3.2 A_1.3.1.1 A_1.3.2.1 A_1.3.3.1 A_1.3.3.3 A_2.1.1.2 A_2.1.1.4 A_2.1.1.5 A_2.1.2.1 A_2.2.1.1 A_2.2.1.2 A_2.2.2.1 A_2.2.2.2	A_1.2.1.2 A_1.2.2.2 A_1.2.3.2 A_1.3.1.1 A_1.3.2.1 A_1.3.3.1 A_1.3.3.3 A_2.1.1.2 A_2.1.1.4 A_2.1.1.5 A_2.1.2.1 A_2.2.1.1 A_2.2.1.2 A_2.2.2.1 A_2.2.2.2		A_1.2.1.2 A_1.2.2.2 A_2.1.1.2 A_2.1.1.4 A_2.1.1.5 A_2.1.2.1 A_2.2.1.1 A_2.2.1.2 A_2.2.2.1 A_2.2.3.4

Zusammenfassend wird aus Tabelle 71 deutlich:

- Mit der *internen Flotte* und auf dem *Testgelände* können viele Anwendungsfälle bzgl. unterschiedlicher nicht-technischer Fragestellungen untersucht werden.
- Die *externe Flotte* dient hauptsächlich zur Überprüfung der *Nutzerakzeptanz* der einzelnen Anwendungsfälle.
- In der *Fahrsimulation* können nicht-technische Fragestellungen zur *Nutzerakzeptanz*, *Fahreffizienz* und *Fahrsicherheit* überprüft werden.
- In der *Verkehrssimulation* können die nicht-technischen Fragestellungen zu *Fahr- und Verkehrseffizienz* sowie zur *Verkehrssicherheit* adressiert werden.

Weiterhin sind folgende Aspekte hervorzuheben:

- Die Überprüfung der nicht-technischen Fragestellungen der Anwendungsfälle A\_1.2.1.3 „Ortsbezogene Anzeige von Hindernissen“, A\_2.1.1.2 „Warnung vor liegengelassenem Fahrzeug“ und A\_2.1.1.5 „Hindernisse auf der Fahrbahn“ mit der internen Flotte sind bzgl. der geplanten Realisierung noch zu klären, da es sich sowohl bei der Anzeige von Hindernissen bzw. liegengelassenen Fahrzeugen um seltene punktuelle und zufällige (d.h. nicht planbare) Ereignisse handelt und aktuell noch nicht entschieden ist, ob z.B. Hindernisse bewusst am Straßenrand aufgestellt

werden dürfen. Hier sind v.a. die Empfehlungen aus AP53 „Rechtliche und regulatorische Rahmenbedingungen“ zu berücksichtigen.

- Die Realisierung der Anwendungsfälle A\_1.2.1.4 „Ortsbezogene Anzeige von Straßenwetter“ und A\_2.1.3.1 „Warnung vor Wettergefahren“ sind mit der internen Flotte ebenso schwierig zu planen, da es sich hierbei um zufällige Wetterereignisse handelt.
- Die Realisierung der Anwendungsfälle A\_2.1.3.1 „Warnung vor Wettergefahren“ und A\_1.3.1.1 „Umleitungsempfehlung“ mit der externen Flotte hinsichtlich einer Wirkungsermittlung ist primär anhängig von der Zusammensetzung der externen Flotte und von der Existenz geeigneter Vergleichsgrößen.

Es ist zu beachten, dass die Erweiterte Versuchsmatrizen auf dem Wissensstand zum Zeitpunkt der Erstellung von D13.2 basieren. Im weiteren Arbeitsprozess von sim<sup>TD</sup> ist es möglich, dass es hierbei zu Ergänzungen oder Überarbeitungen kommen wird.

## 3.2 Zusammenspiel Versuchsumgebungen

### 3.2.1 Ziele der nicht-technischen Versuche

Übergeordnetes Ziel der nicht-technischen Versuche in sim<sup>TD</sup> ist die Wirkungsermittlung der einzelnen Anwendungsfälle. Die ermittelten Wirkungen liefern eine Grundlage für die Bewertung des Nutzens der sim<sup>TD</sup>-Funktionen und sim<sup>TD</sup>-Anwendungsfälle in TP5. Der bewertete Nutzen stellt wiederum einen Teilaspekt von volkswirtschaftlichen Nutzen-Kosten-Analysen in TP5 dar.

Ziele müssen demnach sein:

- Vergleichbare Wirkungsermittlung unter Erfassung relevanter Randbedingungen
- Schaffung einer ausreichend großen Datenbasis pro Anwendungsfall bzw. Randbedingungskombination, um signifikante Aussagen treffen zu können.

Für den Anwendungsfall A\_2.1.2.1 *Warnung vor dem Stauende* werden im Folgenden die übergeordnete Fragestellung und der gewählte Lösungsansatz (Zusammenspiel der Versuchsumgebungen) exemplarisch vorgestellt. Abbildung 3 verdeutlicht das geplante Zusammenspiel zwischen Versuchsszenario, Prüfung der technischen Funktionalität und Wirkungsermittlung und der Einfluss unterschiedlicher Randbedingungen. Die einzelnen Blöcke werden im Folgenden näher beschrieben.

Für das *Versuchsszenario* der internen Flotte in TP4 ist beispielsweise geplant, dass die Fahrzeuge zweier Gruppen auf ein Stauende zufahren. Ein Teil der Fahrer erhält eine Warnung, der andere Teil der Fahrer erhält keine Warnung. Dies entspricht der zu untersuchenden und ggf. herzustellenden Situation. Die Wirkung der Warnung vor dem Stauende soll unter unterschiedlichen *Randbedingungen* (z.B. für unterschiedliche IVS-Ausstattungsraten) untersucht werden.

Die *technische Funktionalität* des Anwendungsfalls vorausgesetzt, kann ermittelt werden, inwieweit der Nutzer die Warnung akzeptiert und auf diese reagiert. Die technische Funktionalität (z.B. der Zeitpunkt der Warnung) unterliegt unter anderem der IVS-Ausstattungsrate, die maßgeblich die Latenzen bei der Übertragung beeinflusst. Dies muss als Rahmenbedingung für die spätere Auswertung erfasst werden.

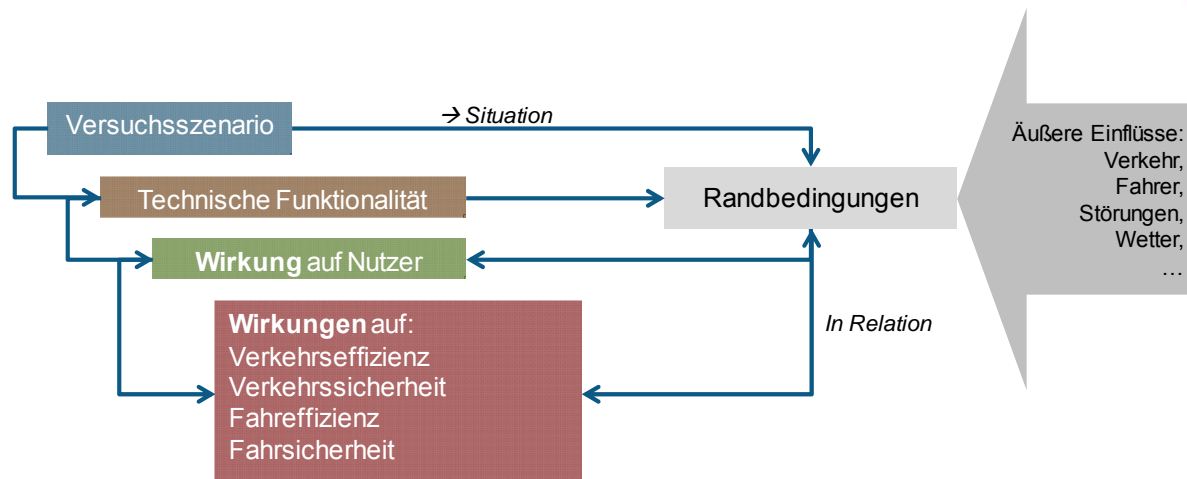


Abbildung 3: Zusammenspiel zwischen Versuchsszenario, Prüfung der technischen Funktionalität und Wirkungsermittlung und der Einfluss unterschiedlicher Randbedingungen.

Wenn der Anwendungsfall funktioniert und der *Nutzer* ggf. auf die rechtzeitige Warnung *reagiert*, kann anhand der Fahrzeugdaten der sim<sup>TD</sup>-Fahrzeuge ermittelt werden, inwieweit und ob sich dies z.B. ggf. auf die *Fahrsicherheit* (Abstandsverhalten, Geschwindigkeitsprofil etc.) des gewarnten Fahrers im Vergleich zum nicht gewarnten Fahrer auswirkt. Obwohl die Warnung vor dem Stauende hauptsächlich die Fahr- und Verkehrssicherheit adressiert, könnte zusätzlich ausgewertet werden, inwieweit womöglich z.B. die Fahreffizienz beeinflusst wird (beispielsweise durch geringere Geschwindigkeiten oder größere Abstände).

Die Wirkungsermittlung hinsichtlich der Verkehrssicherheit im Feldversuch („Wie beeinflussen die ausgestatteten Fahrzeuge das gesamte Fahrzeugkollektiv?“) ist gerade bei der Stauendewarnung sehr schwierig. Dafür notwendige Daten über das detaillierte Fahrverhalten aller Fahrzeuge direkt am Stauende - zur Interpretation der Gesamtsituation und evtl. Änderungen - sind nicht verfügbar und die infrastrukturseitigen Daten liegen nur punktuell vor (siehe Abbildung 4).

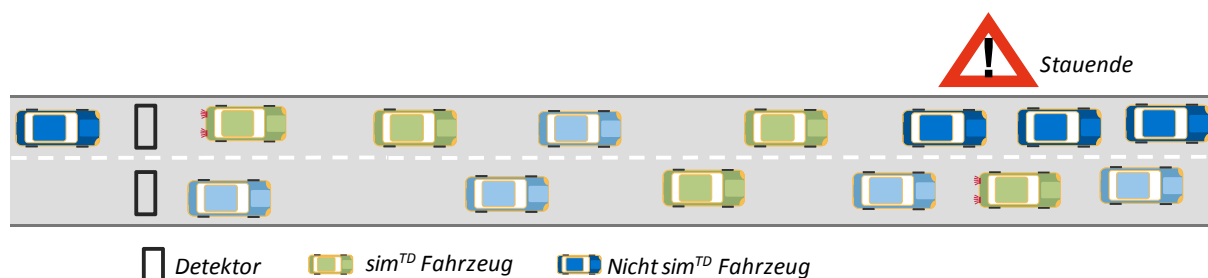


Abbildung 4: Versuchsszenario „Warnung vor dem Stauende“ grün: sim<sup>TD</sup> Fahrzeuge und hell- und dunkelblau: nicht sim<sup>TD</sup> Fahrzeuge.

Die Ergebnisse der Versuche im Feld unterliegen zusätzlich weiteren äußeren Einflüssen (z.B. Wetter, Unfälle), die meist nicht planbar sind und das Fahrverhalten stark beeinflussen können. Diese äußeren Einflüsse gilt es als weitere Rahmenbedingungen zu protokollieren.

Basis für die Bewertung der Wirksamkeit der Warnung vor dem Stauende sollte nicht lediglich ein Versuch pro Anwendungsfall/Randbedingungskombination sein. Ziel sollte vielmehr sein, die Versuche in ausreichend großer Häufigkeit durchzuführen, um aussagekräftige Ergebnisse mit Mittelwerten und Varianzen zu erzielen. Versuchsergebnisse (z.B. Abstandsverhalten) für die Warnung vor dem Stauende bei trockenem Wetter mit guter

Sicht können sicher nicht mit Ergebnissen der Stauendewarnung bei starkem Regen kombiniert oder verglichen werden.

Um dem übergeordneten Ziel nach Ermittlung vergleichbarer Wirkungen der Anwendungsfälle Rechnung zu tragen, sollten möglichst

- unterschiedliche Ausstattungsgrade (IVS und IRS),
- unterschiedliche Kommunikationsmedien und
- unterschiedliche Verkehrszustände (Verkehrsstärken und -dichten)

in vergleichbaren Situationen verglichen werden können. Dies bedeutet, dass zusätzlich zu den realen Ergebnissen aus dem Feldversuch über das Simulationslabor die Möglichkeit bestehen sollte, vergleichbare Situationen zu schaffen, in denen ceteris paribus (d.h. „unter sonst gleichen Bedingungen“) einzelne Stellgrößen verändert werden können, um deren Einfluss auf die gewünschten Ausgangsgrößen vergleichen zu können.

Ergänzende Versuche im Simulationslabor (Fahrsimulation und Verkehrssimulation) ermöglichen die Betrachtung einzelnen Stellgrößen in stärker kontrollierten Situationen. Im Folgenden wird auf die jeweiligen Möglichkeiten und Grenzen der einzelnen Versuchsumgebungen eingegangen und erklärt, welchen Mehrwert der in sim<sup>TD</sup> gewählte Ansatz der Kombination verschiedener Versuchsumgebungen bieten kann.

### 3.2.2 Charakteristik der einzelnen Versuchsumgebungen

Jede der in sim<sup>TD</sup> realisierten Versuchsumgebungen bietet bestimmte Möglichkeiten, aber auch Grenzen hinsichtlich der Versuchsdurchführung und -auswertung. Eine detailliertere Charakterisierung der einzelnen Versuchsumgebungen erfolgte im Kapitel 3.1.1.2). Möglichkeiten und Grenzen der jeweiligen Versuchsumgebungen werden im Folgenden kurz skizziert.

#### 3.2.2.1 Feldversuch: Versuchsgebiet und Testgelände

Als „Realität“ wird in diesem Zusammenhang die Versuchsdurchführung mit realen Fahrzeugen und Fahrern auf einem realen Straßennetz bezeichnet und beinhaltet:

- Feldversuch im Versuchsgebiet mit interner Flotte und externer Flotte
- Versuche auf dem Testgelände mit interner Flotte

Versuche mit der internen Flotte im Versuchsgebiet und Testgelände und auch die Fahrten der externen Flotte liefern Daten, die unter bestimmten Randbedingungen für die Auswertung/Bewertung genutzt werden können:

##### Interne Flotte im Versuchsgebiet:

Angeleitete Fahrer in angemieteten und mit sim<sup>TD</sup>-Technologie ausgestatteten Fahrzeugen, welche von den Mitarbeitern der Versuchszentrale Aufgaben gemäß vordefinierter Drehbücher (basierend auf Versuchsfällen aus AP13) erhalten und gezielt bestimmte Fahrsituationen aufsuchen bzw. realisieren.

##### *Möglichkeiten:*

- Liefert Fahrverhalten im realen Straßenverkehr in realen Situationen
- Vergleich von Fahrzeugen „Mit Info/Warnung“ vs. „Ohne Info/Warnung“ liefert Erkenntnisse über Fahreffizienz und Fahrsicherheit

#### *Grenzen:*

- Wirkungsermittlung hinsichtlich kollektiver Größen zur Verkehrseffizienz und Verkehrssicherheit, die auf detaillierten Einzelfahrzeugdaten basieren, in weiten Teilen aufgrund fehlender Datenerfassung nicht möglich.
- Gezielte Untersuchungen sicherheitskritischer Situationen sind aus ethischen Gründen möglicherweise nicht vertretbar bzw. organisatorisch oft schwierig oder gar nicht umsetzbar.  
Beispiel: Das künstliche Erzeugen eines Staus (z.B. durch Fahrzeuge der Straßenmeisterei) ist aus Sicherheitsgründen nicht ohne weiteres möglich. Ebenso ist das künstliche Positionieren von Hindernissen nur möglich, wenn hieraus keine Gefährdung des umliegenden Verkehrs resultiert.  
Beispiel: Plötzliche, harte Stauenden sind nicht planbar und höchst dynamisch. Fahrzeuge müssten kurzfristig zum richtigen Zeitpunkt am richtigen Ort sein.

#### Interne Flotte auf Testgelände:

Angemietetes und geschlossenes Gelände, das mit für die sim<sup>TD</sup>-Technologie notwendiger Infrastruktur ausgestattet ist und auf dem u.a. die Fahrer der internen Flotte eingesetzt werden. Die Fahrer erhalten von den Mitarbeitern der Versuchszentrale Aufgaben gemäß den Drehbüchern. Da das Gelände geschlossen ist, gibt es ausschließlich Verkehr, der durch die Versuchsleitung gesteuert wird. Die konkrete Ausgestaltung des Testgeländes ist zum Zeitpunkt der Berichtslegung noch nicht definiert.

#### *Möglichkeiten:*

- Vergleich von Fahrzeugen „Mit Info/Warnung“ vs. „Ohne Info/Warnung“ unter vollkommen kontrollierten Bedingungen liefert zusätzliche Erkenntnisse über Fahreffizienz und Fahrsicherheit (auch bzw. gerade für Situationen, die im Feld nicht möglich wären; z.B. Hinderniswarnung)
- Alle Fahrzeuge auf dem Testgelände sind kontrollierbar, kein unbeeinflussbarer umgebender Verkehr vorhanden.

#### *Grenzen:*

- Geändertes Fahrverhalten, da sich Fahrer der Teilnahme an den simTD-Versuchen bewusst ist (sog. Reaktivität). Es werden somit Gewöhnungs- und Trainingsfahrten für die Versuchsfahrer notwendig. Dabei ist zu beachten, dass durch entsprechende Trainings möglicherweise auch die Prüfsituation geübt wird.
- Infrastruktur ist im Testgelände begrenzt (z.B. lediglich ein Knotenpunkt mit LSA vorhanden). Dies führt dazu, dass z.B. eine Netzsteuerung nicht realisierbar ist.

#### Externe Flotte im Versuchsgebiet:

Fahrer, die selbstbestimmt im Versuchsgebiet unterwegs sind (z.B. Pendler in privaten Fahrzeugen oder Mitarbeiter der Stadt Frankfurt/Main in Dienstfahrzeugen. Die genaue Zusammensetzung ist zum Zeitpunkt der Berichtslegung noch nicht festgelegt). Die Fahrzeuge sind mit sim<sup>TD</sup>-Technologie ausgestattet. Da die Fahrer sich frei bewegen, sind auch Fahrten außerhalb des Versuchsgebiets möglich, so dass nur für ausgewählte sim<sup>TD</sup>-Funktionen eine Car2X-Kommunikation möglich ist.

#### *Möglichkeiten:*

- Natürliches, unbeeinflusstes Fahrverhalten der Fahrer mit freier Routenwahl
- Ggf. große Stichproben für bestimmte Anwendungsfälle

#### *Grenzen:*

- Wenige Informationen über die aktuelle Situation, in der sich der Fahrer befindet, vorhanden (z.B. ist kein Abstandssensor vorhanden). Reagiert der Fahrer mit Verzögerung aufgrund der Warnung oder wg. des Vorderfahrzeugs?
- Keine Kontrollgruppe in der gleichen Situation, mit der die Daten verglichen werden könnten.
- Ggf. große Stichproben, aber welche Daten sind aggregierbar/vergleichbar?
- Ggf. keine Fahrzeuge in Kommunikationsreichweite, so dass keine oder nur selten Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikation stattfindet

#### 3.2.2.2 Fahrsimulation

Simulationsumgebung, in der ein Fahrer durch eine virtuelle Szenerie fährt. Die Versuchsbedingungen (z.B. Wetter, umgebender Verkehr, Meldungen von sim<sup>TD</sup>-Anwendungsfällen, Bebauung) sind kontrolliert herstellbar, d.h. durch die Versuchsleitung gesteuert.

#### *Möglichkeiten:*

- Sicherheitskritische Situationen können in der Fahrsimulation ohne Gefährdung der Versuchsteilnehmer untersucht werden.
- Gezieltes Herstellen und somit Reproduzierbarkeit der gewünschten Situationen. Die Rahmenbedingungen sind im Wesentlichen kontrollierbar. So kann verglichen werden, wie sich unterschiedliche Fahrer in identischen Situationen verhalten.
- Detaillierte mikroskopische Kenngrößen über das Fahrverhalten des Einzelnen zur Evaluation von Fahreffizienz und Fahrsicherheit vorhanden.

#### *Grenzen:*

- Keine Aussagen über das Fahrzeugkollektiv hinsichtlich Verkehrseffizienz und Verkehrssicherheit.
- Routenwahlverhalten bei der Fahrt nur schwer darstellbar, da keine originalgetreuen geografischen Gegebenheiten nachgebildet werden.
- Wetterbedingungen sind nur bedingt abbildbar.
- Die technischen Aspekte der Car-2-X-Kommunikation können nicht originalgetreu nachgebildet werden.
- Beherrschen des Simulatorfahrzeugs und Vermeiden von Simulatorübelkeit setzen voraus, dass die Fahrer im Fahrsimulator trainiert werden.
- Fahrerverhalten in Fahrsimulation kann sich möglicherweise von alltäglichen Fahrverhalten im alltäglichen Verkehr unterscheiden. Dieser Gefahr wird durch Fahrertrainings begegnet.

#### 3.2.2.3 Verkehrssimulation

Simulationsumgebung, in der sich viele Fahrer-Fahrzeug-Einheiten in einem virtuellen Abbild des Versuchsgebiets bewegen (mikroskopische Verkehrssimulation). Reale Verkehrszustände werden abgebildet und das durch die sim<sup>TD</sup>-Anwendungsfälle geänderte Verhalten der Fahrer-Fahrzeug-Einheiten wird gemäß den Ergebnissen aus Fahrsimulation und Feldversuch modelliert.

#### *Möglichkeiten:*

- Gezieltes Herstellen der gewünschten Situationen. Die Rahmenbedingungen sind kontrollierbar.
- Die verkehrliche Wirkung eines Anwendungsfalls kann für z.B. unterschiedliche Ausstattungsraten in sonst identischen Situationen und Verkehrszuständen verglichen werden.
- Detaillierte mikroskopische Kenngrößen über das Fahrverhalten des gesamten Fahrzeugkollektivs zur Evaluation von Fahr-/Verkehrseffizienz und Verkehrssicherheit vorhanden.

#### *Grenzen:*

- Nur wenn das geänderte bzw. vorhandene Fahrverhalten bekannt und modellierbar ist, können die Wirkungen mit Hilfe der Verkehrssimulation auf andere Ausstattungsraten oder Situationen skaliert werden.
- Teilweise ist die Nachbildung bestimmter Anwendungsfälle nicht möglich bzw. wegen zu großen Aufwänden in Relation zu ggf. geringen zusätzlichen Erkenntnissen nicht sinnvoll (z.B. Warnung vor Einsatzfahrzeugen).

### 3.2.3 Mehrwert durch das Zusammenspiel der Versuchsumgebungen

Jede der sim<sup>TD</sup>-Versuchsumgebungen bietet bestimmte Möglichkeiten der Wirkungsermittlung, unterliegt aber auch bestimmten Grenzen. Sind die jeweiligen Möglichkeiten und Grenzen bekannt, so ist es möglich, durch einen integrierten Ansatz die jeweils interessierenden Informationen/Aussagen aus der geeignetsten Versuchsumgebung zu erheben. Abbildung 5 verdeutlicht das geplante Zusammenspiel der verschiedenen Versuchsumgebungen und welche Aussagen mit welcher Versuchsumgebung getroffen werden können.



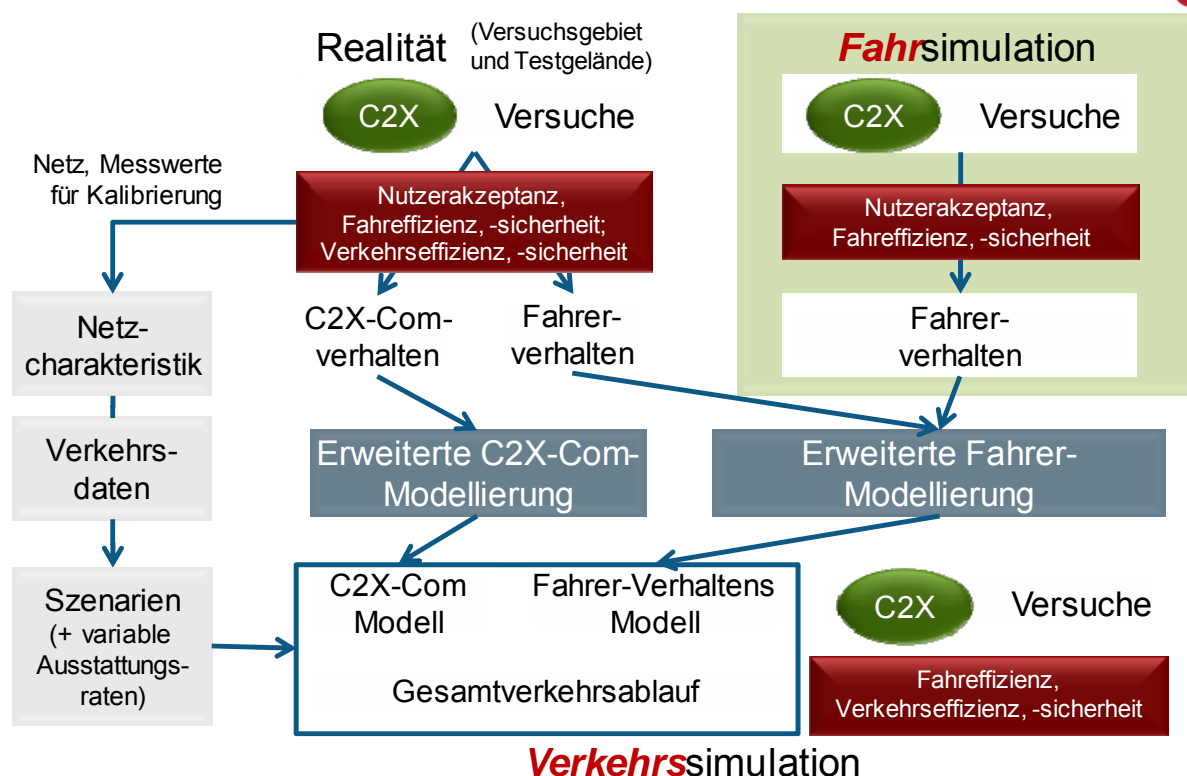


Abbildung 5: Zusammenspiel der Versuchsumgebungen.

Für das Beispiel „Warnung vor dem Stauende“ bedeutet dies z.B.:

*in der Realität (Feldversuch und/oder Testgelände):*

Zu Zeiten, an denen aus historischen Beobachtungen mit regelmäßigen Stauenden gerechnet werden kann (z.B. Freitagnachmittag BAB Ax in Fahrtrichtung Nord), befahren die Versuchsfahrer der internen Flotte diese Strecke. Sobald ein Stauende durch ein sim<sup>TD</sup>-Fahrzeug erkannt wird, können die umgebenden Fahrzeuge gewarnt werden und die Wirkungen hinsichtlich Nutzerakzeptanz und Fahrsicherheit (u.U. auch Verkehrssicherheit und -effizienz) sowie Erkenntnisse über das Kommunikationsverhalten unter realen Bedingungen ermittelt werden. Als externe Randbedingungen müssen zusätzliche Werte erfasst und protokolliert werden, z.B. Anzahl vorhandener Fahrstreifen, Verkehrskenngrößen der umgebenden Fahrzeuge (Fahrzeuganzahl, -dichte etc.), Witterungsbedingungen (Regen, Nebel, trockene oder nasse Fahrbahn etc.), aber auch besondere Gegebenheiten (wie z.B. Baustellen oder Unfälle). Nur in Relation zu den zusätzlich erfassten Randbedingungen können die gemessenen Reaktionen und Wirkungen ausgewertet und interpretiert werden.

*in der Fahrsimulation:*

In der Fahrsimulation können gezielt Stauenden an bestimmten Stellen des Parcours unter definierten verkehrlichen (viel oder wenig umgebender Verkehr etc.) und infrastrukturellen Randbedingungen (z.B. Stauende hinter einer Kurve) erzeugt werden. Das Fahrverhalten der unterschiedlichen Versuchsfahrer oder mit bzw. ohne Information/Warnung kann für exakt die gleiche Situation erhoben und verglichen werden. Es können so Aussagen über die nicht-technische Wirkweise des Anwendungsfalls hinsichtlich Nutzerakzeptanz und Fahrsicherheit bzw. Fahreffizienz getroffen werden.

*in der Verkehrssimulation:*

In der Verkehrssimulation können gezielt Stauenden an bestimmten Stellen des Streckennetzes unter definierten verkehrlichen (viel oder wenig umgebender Verkehr etc.) und infrastrukturellen Randbedingungen (z.B. Stauende hinter einer Kurve) erzeugt werden. Das in der Realität und Fahrsimulation ermittelte Fahrverhalten der Fahrer mit bzw. ohne Information/Warnung wird modelliert, also in Algorithmen und Regeln gefasst, die die Verkehrssimulation verarbeiten kann. Die unterschiedlichen Fahrermodelle dienen als Eingangsgrößen für die Verkehrssimulation. Durch Variation des Kommunikationsmediums, dessen Charakteristika (z.B. Latenzzeiten, Reichweiten) ebenso gemäß Beobachtungen aus der Realität modelliert werden, können Aussagen z.B. über die Wirkungsweise auf den gesamten Verkehr in Relation zum Ausstattungsgrad ermittelt werden.

### 3.3 Natürliche vs. künstliche Variation von Ereignissen

#### 3.3.1 Grundlegende Ansätze von Versuchsanordnungen

Im Rahmen der nicht-technischen Versuche in TP4 sollen die sim<sup>TD</sup>-Anwendungsfälle nicht nur in verschiedenen Versuchsumgebungen untersucht werden (Versuchsgebiet, Testgelände, Fahrsimulation und Verkehrssimulation; siehe Kap. 3.2). Zudem sind zwei grundlegende Ansätze von Versuchsanordnungen voneinander abzugrenzen:

1. Experimentelle Versuchsanordnungen:  
Betrachtung von „künstlichen“ (d.h. aktiv und systematisch manipulierte) Variationen von Ereignissen. Hierdurch wird die Beschreibung und Erklärung von Kausalzusammenhängen zwischen Variablen möglich.
2. Epidemiologische Versuchsanordnungen:  
Betrachtung von „natürlichen“ Variationen von Ereignissen, so dass die Ergebnisse zumeist sehr gut auf alltägliche Begebenheiten übertragbar sind.

In den nachfolgenden Kapiteln sollen diese unterschiedlichen Ansätze von Versuchsanordnungen kurz dargestellt und in einen methodologischen Rahmen gestellt werden.

#### 3.3.2 Experimentelle Versuchsanordnungen

Experimentelle Versuchsanordnungen haben zum Ziel, anfangs formulierte Hypothesen über einen kausalen Wirkzusammenhang zwischen zwei oder mehr Variablen zu prüfen. Formal bzw. methodisch kann diese Zielsetzung wie folgt formuliert werden:

- Formal: Variable X ist kausal verantwortlich für die Veränderung von Variable Y.
- Methodisch: Aus der Unabhängigen Variablen (Abkürzung: UV) folgt die Abhängige Variable (Abkürzung: AV).

Versuchsplanerisch stellt sich daher die Frage, wie man sicher sein kann, dass nur Variable X wirkt und keine weiteren Variablen A, B und/oder C wirksam waren. Dies wird versucht, indem im Rahmen von experimentellen Versuchsanordnungen Situationen hergestellt werden, die sich ausschließlich durch die Ausprägung der Variable X unterscheiden. Verändert sich dann Variable Y, dann können die Ursache hierfür nur die Unterschiede in Variable X gewesen sein.

Bezogen auf den sim<sup>TD</sup>-Kontext (am Beispiel von A\_2.1.2.1 Warnung vor Stauende) bedeutet dies, dass Versuchsbedingungen herzustellen sind, die sich ausschließlich durch die aktive Manipulation einer oder einiger weniger Variablen unterscheiden. So sollte z.B. ein Teil der Versuchsflotte mit aktivierter Fahrer-Warnung eine Prüfsituation durchfahren, ein anderer Teil der Flotte ohne aktivierte Fahrer-Warnung. Abgesehen von dieser aktiven experimentellen Manipulation wird versucht, weitere relevante Rahmenbedingungen (z.B. straßenbauliche Merkmale, Tageszeit, Verkehrsstärke/-dichte) vergleichbar zu halten. Veränderungen in der Fahrsicherheit und Fahreffizienz, die z.B. über einen solchen Versuchsfall adressiert werden können, können in diesem Fall mit hoher Wahrscheinlichkeit auf die Aktivierung des sim<sup>TD</sup>-Anwendungsfalls A\_2.1.2.1 Warnung vor Stauende zurückgeführt werden.

Dieses versuchsplanerische Grundprinzip spiegelt sich auch in Ansätzen zur Definition von Experimenten wieder:

- Ein Experiment ist eine „empirische Untersuchung, bei der gezielt bestimmte Bedingungen (Stufen der unabhängigen Variablen) hergestellt und in ihren Auswirkungen auf ausgewählte abhängige Variablen beobachtet werden. Ein Experiment ist die methodisch beste Möglichkeit, um Kausalhypothesen zu prüfen“ (Bortz & Döring, 2006, S. 726).
- Unter einem Experiment versteht man einen systematischen Beobachtungsvorgang, aufgrund dessen der Untersucher das jeweils interessierende Phänomen planmäßig erzeugt sowie variiert („Manipulation“) und dabei gleichzeitig systematische oder/und unsystematische Störfaktoren durch hierfür geeignete Techniken ausschaltet bzw. kontrolliert („Kontrolle“)“ (Sarris, 1990, S. 129).

Die Grundprinzipien von experimentellen Versuchsanordnungen werden sehr anschaulich von Sarris und Reiss (2005, S. 30f.) dargestellt:

Es werden gesetzmäßige Abhängigkeitsbeziehungen im Sinne von ‘Wenn-Dann-Relationen’ erfasst. Derartige Beziehungen zwischen bestimmten Bedingungen einerseits und aus diesen resultierenden („verursachen“) Ereignissen andererseits lassen sich in der Natur nur selten durch bloße Beobachtung einwandfrei feststellen. Denn grundsätzlich ist nicht auszuschließen, dass andere als die spontan beobachtbaren Bedingungen die eigentlichen Ursachen für das Auftreten von bestimmten Ereignissen sind. Ob eine Veränderung auf eine („monokausal“) oder mehrere („multikausal“) bestimmte Bedingungen zurückzuführen ist, lässt sich dadurch feststellen, dass man als Untersucher ... in das zu beobachtende Geschehen eingreift und dabei die Wirkungen (Effekte) der eingeführten Bedingungen registriert.

Eine erste Voraussetzung dafür, ein kausales Abhängigkeitsverhältnis zwischen einer Bedingung und einem Folgeereignis annehmen zu können, ist also dann gegeben, wenn der Untersucher die Bedingungen, unter denen das Auftreten eines Ereignisses erwartet wird, selbst herstellt: Man erzeugt die Bedingung X und beobachtet, ob das Ereignis Y eintritt oder nicht. Folgt Y auf X, so kann man mit einem gewissen Plausibilitätsgrad davon ausgehen, dass X eine hinreichende Bedingung für Y ist. Dies gilt insbesondere dann, wenn auch bei wiederholter Herstellung der Bedingung X das Ereignis Y immer wieder auftritt. Durch eine weitere Manipulation der Bedingung, nämlich durch Beseitigung oder Variation von X, lässt sich darüber hinaus prüfen, ob X auch eine notwendige Bedingung für Y ist.

Die Voraussetzung für die Durchführung eines Experiments ist die Formulierung einer Hypothese, in der eine präzise Angabe über die Art der erwarteten Abhängigkeitsbeziehung erfolgt und in der insbesondere die variierten Bedingungen (X) und die erwartete Veränderung (Y) - im Sinne einer „operationalen“ Definition - exakt festgelegt sind. Bei der im Experiment manipulierten Bedingung sowie bei dem zu

beobachtenden Ereignis handelt es sich um Größen, die in qualitativer oder in quantitativer Hinsicht „veränderlich“, d.h. variabel sind. In diesem Sinne spricht man von den Variablen des Experiments. Die Bedingungen, die in einem Experiment vom Experimentator (Versuchsleiter) direkt oder indirekt verändert („manipuliert“) werden, konstituieren die unabhängigen Variablen (UV); das Ereignis, das der Versuchsleiter als Folge der Manipulation der unabhängigen Variablen beobachtet, ist Teil der abhängigen Variablen (AV).

Kernbestandteile der Definition „experimenteller Versuchsanordnungen“ sind somit zusammenfassend:

- Datengewinnung über systematische Beobachtung der Abhängigen Variablen
- Experimenteller Eingriff: Manipulation einer Unabhängigen Variablen
- Ausschalten bzw. Kontrolle von Störvariablen, welche die Interpretierbarkeit und Gültigkeit der Ergebnisse beeinträchtigen können: Sicherstellen, dass nur Unabhängige Variable Veränderungen der Abhängigen Variable bewirkt.

Diese Definition hat für die Planung und Durchführung von nicht-technischen Versuchsfällen im Rahmen von sim<sup>TD</sup> zur Folge:

- Messdaten (objektiv und subjektiv), die den Beobachtungsgegenstand repräsentieren, sind systematisch zu erfassen (z.B. Kenngrößen zur Abstandsmessung bei Fragen zur Fahrsicherheit).
- Es ist bzw. sind kontrolliert eine bzw. einige wenige Variable/n aktiv zu manipulieren (i.d.R. Aktivität einer sim<sup>TD</sup>-Information/Warnung für den Fahrer: Eine Hälfte der Fahrer erhält jeweils die Fahrer-Information/Warnung, eine andere Hälfte erhält keine Fahrer-Information/Warnung).
- Soweit möglich, sind kontrollierte Rahmenbedingungen zu realisieren (z.B. vergleichbare Verkehrs- oder Wetterbedingungen).
- Hintergrund dieser Arbeiten sind zumindest impliziert formulierte Hypothesen über den Wirkzusammenhang. Diese Hypothesen sind über die in D12.2 formulierten Validierungsziele, -metriken und methoden adressiert.

Die Berücksichtigung dieser Kernbestandteile im Rahmen von experimentellen Versuchsanordnungen hat unmittelbar Konsequenzen für die Bewertung der Gültigkeit der empirisch gewonnenen Versuchsergebnisse:

1. Kausaltheoretische Vorhersage möglich  
Definition interne Validität: Veränderungen der AV gehen eindeutig auf Manipulation der UV zurück
2. Frage der Verallgemeinerbarkeit der Befunde davon abhängig, ob unter “realen Bedingungen” noch andere Faktoren als in der Untersuchung eine Rolle spielen  
Definition externe Validität: Übertragbarkeit der Ergebnisse auf Nicht-Stichprobe: Personen, Objekte, Situationen, Zeitpunkte

Dies bedeutet: Experimentelle Versuchsanordnungen sind günstig hinsichtlich der internen Validität zu bewerten (abhängig von weiteren Rahmenbedingungen). Die externe Validität ist abhängig von der konkreten Ausgestaltung der Versuchsanordnungen.

### 3.3.3 Epidemiologische Versuchsanordnungen

Demgegenüber haben epidemiologische Versuchsanordnungen zum Ziel, die Häufigkeit und Stärke natürlich auftretender Ereignisse zu betrachten. Sie umfassen somit überwiegend rein beobachtende Ansätze zur Datenerhebung.

Epidemiologische Ansätze werden insbesondere zur Untersuchung des Auftretens von Krankheiten in der Bevölkerung gewählt. Diese Krankheitshäufigkeiten werden anschließend regelhaft in Bezug gesetzt zu Merkmalen der Person und der Umwelt mit dem Ziel der Definition von relevanten Risikofaktoren. Als beispielhafte Fragestellungen sind zu nennen:

- Erkennen von Ursachen (Ätiologie) und Risikofaktoren (Grundlage für Gegenmaßnahmen) eines Ereignisses (z.B. Fehlende Fahreraufmerksamkeit als Ursache von Auffahrunfällen bei Hindernissen auf der Fahrbahn)
- Beschreibung der Häufigkeit und Verteilung von Ereignissen in der Grundgesamtheit (z.B. Häufigkeit der Missachtung von Vorfahrtsregeln im alltäglichen Fahrverhalten)
- Evaluation von präventiven und therapeutischen Maßnahmen (Bsp. Wirkung von Verkehrserziehungsprogrammen)
- Entscheidungshilfe für die Gesundheitspolitik (z.B. Auswirkung von Staub in der Luft und von Diesel-Partikelfiltern auf das Krankheitsrisiko)
- Untersuchung des natürlichen Fahrverhaltens (z.B. 100-Car Study; Stutts, Feaganes, Rodgman, Hamlett, Meadows & Reinfurt, 2003)

Es werden drei Arten von epidemiologischen Versuchsanordnungen unterschieden:

- Deskriptive Epidemiologie:  
Zufällige und systematische Beobachtung bezüglich Populationen, Subgruppen, Ort, Zeit mit Ziel der Generierung von Hypothesen für einen Zusammenhang zwischen Exposition und Ereignis  
Beispiel: Beobachtung der Reaktion der Fahrer auf möglicherweise auftretende fehlerhafte Fahrer-Informationen/Warnungen durch das sim<sup>TD</sup>-System (z.B. Falsche Alarme)
- Analytisch-beobachtende Epidemiologie:  
Gezielte Überprüfung von Hypothesen zu Zusammenhängen zwischen Exposition und Ereignis. Hierdurch können Effekte quantifiziert werden sowie Kausalzusammenhänge geprüft werden.  
Beispiel: Überprüfung der Routenwahl der Fahrer, wenn sim<sup>TD</sup>-HMI Alternativrouten bzw. -ziele angeboten werden. Es wird angenommen, dass Fahrer entsprechenden sim<sup>TD</sup>-Informationen vertrauen und diese nutzen, da die Informationen einen Mehrwert gegenüber dem bisherigen Informationsstatus darstellen.
- Analytisch-experimentelle Epidemiologie:  
Gezielte Intervention (i.d.R. präventiv) mit begleitender Evaluation der Intervention  
Beispiel: Es werden vor Beginn des Feldversuchs Trainings für die sim<sup>TD</sup>-Versuchsfahrer angeboten. Anschließend wird der Mehrwert dieser Fahrertrainings über Beobachtung des Fahrerverhaltens abgeschätzt.

Im Rahmen von sim<sup>TD</sup> sind v.a. analytisch-beobachtende und analytisch-experimentelle Ansätze epidemiologischer Versuchsanordnungen denkbar:

- Analytisch-beobachtende Epidemiologie:  
Es werden gezielt im Vorhinein definierte Fragestellungen hinsichtlich der Wirksamkeit der sim<sup>TD</sup>-Anwendungsfälle geprüft (z.B. Auswirkung des



Verkehrszeichen-Assistenten auf die Befolgungswahrscheinlichkeit von Richtgeschwindigkeiten)

- Analytisch-experimentelle Epidemiologie:  
Durch die gezielte An- bzw. Abschaltung der sim<sup>TD</sup>-Anwendungsfälle kann geprüft werden, inwiefern bestimmte Ereignisse im alltäglichen Verhalten (d.h. ohne weitere Anweisungen der Versuchsfahrer) auftreten (z.B. Verringerung der Häufigkeit kritischer Fahrsituationen aufgrund der Einführung von Fahrer-Informationen / Warnungen).

Die Beobachtung natürlich auftretender Ereignisse (ohne Beachtung von relevanten Rahmenbedingungen) kann jedoch zu spezifischen Fehlerquellen führen, die bei experimentellen Ansätzen nicht auftreten:

1. Kausaltheoretische Vorhersage evtl. nicht möglich  
Veränderungen der AV gehen nicht eindeutig auf Manipulation der UV zurück (interne Validität)
2. Frage der Verallgemeinerbarkeit der Befunde ist davon abhängig, ob unter "realen Bedingungen" noch andere Faktoren als in der Untersuchung eine Rolle spielen  
Übertragbarkeit auf alltägliche Ereignisse (Personen, Objekte, Situationen, Zeitpunkte) ist wahrscheinlich gegeben (externe Validität).

Dies bedeutet: Epidemiologische Versuchsanordnungen sind günstig hinsichtlich der externen Validität zu bewerten (abhängig von weiteren Rahmenbedingungen). Die interne Validität ist evtl. nicht gegeben.

### 3.3.4 Bedeutung für Versuchsumgebungen

Zusammenfassend bleibt somit im direkten Vergleich zwischen experimentellen und epidemiologischen Versuchsanordnungen festzuhalten:

- Experimentelle Ansätze: Systematische Überprüfung von Hypothesen mit Möglichkeit von Kausalaussagen (interne Validität). Dies erfolgt über die aktive Manipulation von Rahmenbedingungen/Ereignissen.
- Epidemiologische Ansätze: Beobachtung von natürlich auftretenden Ereignissen mit hoher Übertragbarkeit der Ergebnisse auf Alltag (externe Validität). Nicht-kontrollierbare Einflussfaktoren erschweren eine eindeutige Interpretation von Ergebnissen.

Diese beiden grundsätzlich voneinander abzugrenzenden Versuchsanordnungen können im Rahmen von sim<sup>TD</sup> wie folgt für die verschiedenen Fahrergruppen eingesetzt werden (siehe Tabelle 72):

- Im Versuchsgebiet (interne und externe Flotte) können sowohl experimentelle als auch epidemiologische Ansätze umgesetzt werden. Hierbei ist zu unterscheiden:
  - Interne Flotte: Es können sowohl aktiv manipulierte Ereignisse hergestellt werden (z.B. Instruktion der Fahrer, bestimmte Manöver durchzuführen) als auch natürliche Variationen von Ereignissen beobachtet werden (z.B. Fahrer können ohne weitere Instruktion eine Zeitlang im Versuchsgebiet fahren).
  - Externe Flotte: Da die Fahrer nicht direkt instruiert werden können, sind ausschließlich epidemiologische Ansätze möglich (analytisch-beobachtende bzw. analytisch-experimentelle Ansätze).

- Auf dem Testgelände sind ausschließlich experimentelle Versuchsanordnungen möglich: Freies Fahren auf dem Testgelände ist aufgrund von Beschränkungen der Größe der Testgeländes nicht möglich. Die Fahrer werden zudem instruiert, gezielt bestimmte Anwendungsfälle zu prüfen bzw. ein bestimmtes Fahrverhalten zu realisieren.
- Fahrsimulation: Es sind aufgrund der Prüfsituation ausschließlich experimentelle Versuchsanordnungen möglich.
- Verkehrssimulation: Es sind sowohl experimentelle Prüfsituationen (z.B. ein Teil der Versuchsflotte realisiert Fahrermodell eines gewarnten Fahrers, ein Teil der Flotte fährt mit Fahrermodell eines nicht-gewarnten Fahrers) als auch epidemiologische Prüfsituationen (z.B. Versuchsflotte fährt mit bestimmten Einstellungen der Fahrer-Fahrzeug-Modellierung mit anschließender Beobachtung der verkehrlichen Wirkungen) möglich.

Tabelle 72: Experimentelle und epidemiologische Versuchsanordnungen in den verschiedenen Versuchsumgebungen(Übersicht).

	Experimentell	Epidemiologisch
Interne Flotte	X	X
Externe Flotte		X
Testgelände	X	
Fahrsimulation	X	
Verkehrssimulation	X	X

### 3.4 "Prüfkonzept 0.1"

Die in D13.2 dargestellten nicht-technischen Versuchsfälle (inkl. den verkehrlichen und technischen Rahmenbedingungen, siehe Kap. 3.5) stellen grundlegende Versuchsanordnungen dar und bilden den Rahmen für die konkrete Ausgestaltung von **Varianten** eines Versuchsfalls. Diese Versuchsfällevarianten können z.B. gezielt folgende Fragestellungen thematisieren:

- Wirkungen der sim<sup>TD</sup>-Technologie im Regelbetrieb  
Frage: „Mit welchen Wirkungen geht ein Anwendungsfall beim alltäglichen Einsatz hinsichtlich Nutzerakzeptanz, Fahr- und Verkehrssicherheit sowie Fahr- und Verkehrseffizienz einher?“
- Wirkungen der sim<sup>TD</sup>-Technologie speziell in sicherheitskritischen Unfallsituationen  
Frage: „Mit welchen Wirkungen geht die sim<sup>TD</sup>-Technologie speziell in sicherheitskritischen Unfallsituationen (wie sie z.B. in Wirkungsgradanalysen adressiert sind) einher?“
- Wirkungen der sim<sup>TD</sup>-Technologie auf nicht mit sim<sup>TD</sup> ausgestatteten Fahrzeugen  
Frage: „Mit welchen (indirekten) Wirkungen geht die sim<sup>TD</sup>-Technologie auf Fahrzeuge einher, die nicht mit der entsprechenden Technologie ausgestattet sind?“
- Mögliche Probleme der sim<sup>TD</sup>-Technologie im Einführungsbetrieb  
Frage: „Mit welchen Wirkungen gehen z.B. False Alarms und Misses (wie sie z.B. im



Rahmen von Einführungsszenarien der sim<sup>TD</sup>-Technologie zu erwarten sind) hinsichtlich Nutzerakzeptanz, Fahr- und Verkehrssicherheit sowie Fahr- und Verkehrseffizienz einher?“

Das hier skizzierte Vorgehen zu den nicht-technischen Versuchsfällen hat zur Folge:

- In AP13 werden zentrale nicht-technische Fragestellungen sowie für deren Beantwortung notwendige grundlegende Versuchsanordnungen erarbeitet. Diese grundlegenden Versuchsanordnungen werden über nicht-technische Versuchsfälle beschrieben.
- Basierend auf diesen in AP13 erarbeiteten nicht-technische Fragestellungen und Versuchsfällen erfolgt in AP41 „Versuchsdesign“ die konkrete Ausgestaltung der Varianten von Versuchsfällen. Dies wird in AP41 im Zusammenhang mit der Erstellung der sog. Drehbücher geschehen.

In AP13 wird somit ein erster Schritt in Richtung eines Prüfkonzpts für nicht-technische Versuche gemacht (daher: „Prüfkonzpt 0.1“). Unter einem solchen Prüfkonzpt wird in diesem Zusammenhang ein erster Entwurf bzw. Rahmen für die nicht-technischen Versuche im Rahmen von TP4 verstanden. Dieses Prüfkonzpt wird schließlich in AP41 Versuchsdesign vertiefend ausgearbeitet und finalisiert.

## 3.5 Versuchsfälle

### 3.5.1 Vorgehen

Ausgehend von den Ergebnissen der Erweiterten Versuchsmatrizen wurden nicht-technische Versuchsfälle pro Anwendungsfall von TUM-VT und IZVW konzipiert. Die Arbeiten zu nicht-technischen Versuchsfällen pro Anwendungsfall gestalteten sich wie folgt:

1. Konzeption erster nicht-technischer Versuchsfälle pro Anwendungsfall für die Versuchsumgebungen interne Flotte, (teilweise und in vereinfachter Form auch für die externe Flotte), Testgelände sowie Fahr- und Verkehrssimulation als Diskussionsgrundlage mittels von TUM-VT und IZVW erstellten Templates (siehe Kap. 3.5.2)
  - a. Interne und externe Flotte und Testgelände: Verantwortlichkeit: TUM-VT und IZVW
  - b. Fahrsimulation: Verantwortlichkeit: IZVW
  - c. Verkehrssimulation: Verantwortlichkeit: TUM-VT
2. Kommentierung und Ergänzung der nicht-technischen Versuchsfälle (Verantwortlichkeit: Funktionsentwicklungsteams, FETs)
3. Konsolidierung und ggf. Ergänzung der nicht-technischen Versuchsfälle unter Einbezug der Ergebnisse der Erweiterten Versuchsmatrizen (siehe Anhang 3) in gemeinsamer Diskussion (Verantwortlichkeit: IZVW, TUM-VT und FETs)

Die FETs wurden in dem unter (2) genannten Schritt konkret gebeten, für den jeweiligen von ihnen betreuten sim<sup>TD</sup>-Anwendungsfall

1. die Versuchsfälle zu studieren sowie
2. zu kommentieren und ggf. um weitere Versuchsfälle zu ergänzen

Die konsolidierten Versuchsfälle für alle Anwendungsfälle werden im Anhang 3 vorgestellt und für die Erstellung von Versuchsszenarien und Drehbüchern an AP41 „Versuchsdesign“ übergeben.

Bei  $sim^{TD}$ -Funktionen der Hauptfunktion HF1.1 werden nicht-technische Validierungsziele nicht adressiert. Die entsprechenden Funktionen (sog. Basisfunktionen) sind Grundlage für andere  $sim^{TD}$ -Funktionen und werden durch die technischen Tests und Versuche geprüft. Es findet für diese  $sim^{TD}$ -Funktionen keine direkte Interaktion mit dem Fahrer statt. Durch die Überprüfung der Validität der darauf aufbauenden  $sim^{TD}$ -Funktionen wird die Qualität der Basisfunktionen indirekt geprüft (z.B. bei einer Wetterwarnung (F\_2.1.3) wird die Qualität der Basisfunktion „Ermittlung der Verkehrswetterlage“ (F\_1.1.3) geprüft).. Daher werden für diese keine nicht-technischen Versuche konzipiert.

### 3.5.2 Konzeption der nicht-technischen Versuchsfälle am Beispiel A\_2.1.2.1 „Warnung vor Stauende“

Zur Verdeutlichung der Struktur der Versuchsfälle wird exemplarisch der Anwendungsfall A\_2.1.2.1 „Warnung vor Stauende“ herangezogen. Tabelle 73 veranschaulicht mögliche an einem Versuchsfall beteiligte Fahrer- bzw. Fahrzeuggruppen:

Tabelle 73: Übersicht über an einem Versuchsfall mögliche beteiligte Fahrer- bzw. Fahrzeuggruppen

Fahrzeuge	Fahrer-Info/Warnung	Kommunikation	Logging für Auswertung
$sim^{TD}$ komplett	X	X	X
$sim^{TD}$ ohne Fahrer-Information	-	X	X
$sim^{TD}$ ohne Fahrer-Information und ohne Kommunikation	-	-	X
Fremdfahrzeuge	-	-	-

Die Gruppe  $sim^{TD}$  *komplett* beteiligt sich an der C2X-Kommunikation, um sicherzustellen, dass der Anwendungsfall technisch funktioniert. Dabei werden für die Auswertung relevante Daten geloggt und die Fahrer der Gruppe erhalten gemäß dem Anwendungsfall eine Information und/ oder Warnung.

Die Gruppe  $sim^{TD}$  *ohne Fahrer-Information* beteiligt sich ggf. an der C2X-Kommunikation, um sicherzustellen, dass der Anwendungsfall technisch funktioniert und es werden für die Auswertung relevante Daten geloggt. Die Fahrer dieser Gruppe erhalten keine Information und/oder Warnung. Es wird jedoch mitgeloggt, wann die Fahrer eine Information bzw. Warnung erhalten *hätten*.

Die Gruppe  $sim^{TD}$  *ohne Fahrerinformation und ohne Kommunikation* beteiligt sich nicht an der C2X-Kommunikation, es werden aber für die Auswertung relevante Daten geloggt. Die Fahrer der Gruppe erhalten keine Information und/oder Warnung. Diese Gruppe ist insbesondere relevant für Anwendungsfälle, die ohne Information oder Warnung für den Fahrer ablaufen, wie z.B. A\_1.3.3.3 Reduzierung von Wartezeiten des Individualverkehrs.

Zur Gruppe der *Fremdfahrzeuge* gehören alle nicht- $sim^{TD}$ -Fahrzeuge, d.h. sie können sich nicht an der C2X-Kommunikation beteiligen, es können keine Daten geloggt werden und die Fahrer der Gruppe erhalten keine Information und/oder Warnung.

Für den Anwendungsfall A\_2.1.2.1 „Warnung vor Stauende“ sind insgesamt vier Versuchsfälle konzipiert worden:

- Interne Flotte (N\_A\_2.1.2.1\_IF01),
- Externe Flotte (N\_A\_2.1.2.1\_EF01),
- Fahrsimulation (N\_A\_2.1.2.1\_FS01) und
- Verkehrssimulation (N\_A\_2.1.2.1\_VS01).

Sie werden, je nach Relevanz, hinsichtlich der nicht-technischen Fragestellungen Nutzerakzeptanz, Fahr- und Verkehrseffizienz sowie Fahr- und Verkehrssicherheit untersucht (s. Kap. 3.1.1.2)

Jeder Versuchsfall kann durch verkehrliche und technische Randbedingungen, das gewählte Übertragungsmedium sowie durch Vorbedingungen mehrere Variationen beinhalten, deren Zusammensetzung in der ID verdeutlicht wird. Die ID der nicht-technischen Versuchsfälle setzt sich aus mehreren Komponenten zusammen, wie folgendes fiktives Beispiel verdeutlichen soll: N\_A\_2.1.2.1\_IF01\_Af22P\_a

- Das vorangestellte „N“ in der ID steht dabei für nicht-technische Versuchsfälle,
- gefolgt von der Kennung des Anwendungsfalls (A\_2.1.2.1),
- der Bezeichnung der Versuchsumgebung (IF für "Interne Flotte im Versuchsgebiet"),
- einer jeweils fortlaufenden Nummer für den Versuchsfall (01),
- der Kennung für verkehrliche Randbedingungen (A für die gewählte Streckenart Autobahn, f für den Verkehrszustand frei),
- der Komponente für technische Randbedingungen (22 für mittlere IVS-Ausstattungsrate und IRS-Ausstattungsichte),
- der Bezeichnung für das Übertragungsmedium (P für das Übertragungsmedium 802.11p) sowie
- einem Buchstaben für Vorbedingungen (z.B. a für nicht-einsehbares Stauende (hinter einer Kuppe))

Tabelle 74 listet die möglichen Ausprägungen der ID-Komponenten für die nicht-technischen Versuchsfälle auf. Die Vorbedingungen, die für eine Versuchsfallvariante vorausgesetzt werden, sind nicht für alle Versuchsfälle identisch, folglich bedeutet ein nachgestelltes „a“ nicht in jedem Fall z.B. „ nicht-einsehbares Stauende (hinter einer Kuppe)“.

Je nach Versuchsfallvariante ist es in einigen Sonderfällen möglich, dass von der festgelegten ID-Bezeichnung, wie fachstehend aufgezeigt, abgewichen werden muss. Beispielsweise interessiert bei der Warnung vor Stauende v.a. der Übergang von freiem Verkehr zu Stau, daher wird beim Verkehrszustand „Frei/Stau“ eingetragen, was in der ID mit einem „o“ gekennzeichnet wird (siehe Tabelle 74). Ein weiteres Beispiel für einen Sonderfall gibt es beim Anwendungsfall A\_1.2.3.2 „Dynamische Routenplanung“. Bedingt durch den Anwendungsfall erfolgt die Routenplanung bspw. sowohl über die Autobahn als auch über die Bundes-/Landstraße, so dass dies in der ID mit einem „Z“ vermerkt ist (siehe Anhang 3).

Tabelle 74: Bedeutung der Komponenten, die für die Benennung der ID der nicht-technischen Versuchsfälle verwendet werden

<b>Versuchsumgebung</b>	Interne Flotte	IF
	Externe Flotte	EF
	Testgelände	TG
	Fahrsimulation	FS
	Verkehrssimulation	VS
<b>Randbedingungen Verkehr</b>	Autobahn	A
	Bundes-/Landstraße	B
	Innerorts	I
	Frei	f
	Dicht	d
	Stau	s
<b>Randbedingungen Technik</b>	Ausstattungsrate/-dichte (IVS/IRS) Null	0
	Ausstattungsrate/-dichte (IVS/IRS) Niedrig	1
	Ausstattungsrate/-dichte (IVS/IRS) Mittel	2
	Ausstattungsrate/-dichte (IVS/IRS) Hoch	3
	Übertragungsmedium 802.11p	P
	Übertragungsmedium 802.11b/g	C
	Übertragungsmedium UMTS	U
<b>Vorbedingung</b>	z.B. keine	a
	z.B. Kuppe	b
	z.B. Kurve	c
	...	d...

Tabelle 75 zeigt die Zugehörigkeit des Anwendungsfalls zur Funktion F\_2.1.2, die Beziehungen zu anderen Anwendungsfällen und Funktionen sowie eine Beschreibung des Anwendungsfalls.

Tabelle 75: Beschreibung des Anwendungsfalls A\_2.1.2.1 „Warnung vor Stauende“

A_2.1.2.1	Warnung vor Stauende
Versuchsobjekt	Funktion F 2.1.2
Abgeleitet von	A_2.1.2.1
Beziehungen zu anderen Funktionen/Anwendungsfällen	F_1.1.2 Fahrzeugseitige Datenerfassung
Beschreibung des Anwendungsfalls	<p>Ein Fahrzeug erkennt und meldet auf einer Schnellstraße (Autobahn, Bundesstraße, Landstraße) alle Stauenden. Ob ein Stauende gefährlich ist, wird im gewarnten Fahrzeug entschieden und nicht im Meldefahrzeug. Die Detektion des Stauendes geschieht über eine zyklische Überprüfung von Geschwindigkeit und Position. Wird ein Stauende erkannt dann wird eine DEN generiert. Da die Erkennung des Staus erst im Stau erfolgt, entfällt eine Warnung im EGO-Fahrzeug aufgrund dieses Staus. Auf DEN-Basis wird der Fahrer gewarnt, wenn schon vor ihm jemand den Stau erkannt hat. Die eigene DEN wird an den nachfolgenden Verkehr weitergeleitet und die nachfolgenden Fahrer werden gewarnt (Warnton), wenn eine schnelle Annäherung aus freier Fahrt erfolgt. CAMs von vorausfahrenden Fahrzeugen werden ebenfalls analysiert. Wenn vorausfahrende Fahrzeuge in der Kommunikationsreichweite ihre Warnblinker eingeschaltet haben, wird der Fahrer ebenfalls gewarnt, dies aber nur, wenn er nicht durch eine DEN bereits gewarnt wurde. Eine mögliche CAM-Warnung erhält ein Fahrer bevor sein Fahrzeug die DEN absetzt.</p>

### Versuchsfall N\_A\_2.1.2.1\_IF01

Der Versuchsfall N\_A\_2.1.2.1\_IF01 wurde für die Versuchsumgebung der internen Flotte erstellt. In Tabelle 76 sind die einzelnen Versuchsschritte sowie die sog. Akteure und zugehörige Messgrößen aufgezeigt.

Tabelle 76: Beschreibung des Versuchsfalls N\_A\_2.1.2.1\_IF01

N_A_2.1.2.1_IF01	
Autor	Julia Müller, Dominik Mühlbacher
Versuchsumgebung/-ort	Feld – interne Flotte
Versuchsschritte	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Die Fahrzeuge zweier Gruppen fahren auf ein Stauende zu.</li> <li>2. Die Fahrer der Fahrzeuge der ersten Gruppe erhalten eine Warnung vor dem Stauende. Die Fahrer der zweiten Gruppe erhalten keine Warnung</li> <li>3. Vergleich der beiden Gruppen hinsichtlich des Annäherungsverhaltens.</li> </ol> <p>Die Fahrzeuge beider Gruppen beteiligen sich an der Kommunikation und es werden für die Auswertung relevante Daten geloggt (auch wenn die Fahrer der zweiten Gruppe eine Warnung erhalten hätten).</p>

<b>Aktoren</b>	
Initialfahrzeug	Der Fahrer nähert sich mit seinem Fahrzeug einem Stauende. Das Fahrzeug detektiert das Stauende und sendet die Information an umgebende IVS und IRS.
Fahrzeuge mit Information/Warnung	Die Fahrer der Fahrzeuge der ersten Gruppe nähern sich dem Stauende und werden vor dem Stauende gewarnt (nach Prüfung der Umfeldtabelle, sog. Relevanzfilter). Das Fahrzeug empfängt die Stauendewarnung und warnt den Fahrer und sendet die Information an umgebende Fahrzeuge und an die IRS. Diese Fahrzeuge können auch zur Detektion von Stauenden dienen (siehe oben: "Initialfahrzeug").
Fahrzeuge ohne Information/Warnung	Die Fahrer der Fahrzeuge der zweiten Gruppe nähern sich dem Stauende und erhalten keine Warnung. Das Fahrzeug empfängt dennoch die Warnung und sendet die Information an umgebende Fahrzeuge und an die IRS. Diese Fahrzeuge können auch zur Detektion von Stauenden dienen (siehe oben: "Initialfahrzeug").
Erste Sammlung von Messgrößen für die Auswertung gemäß FET-Rückmeldung <sup>6</sup>	Das Initialfahrzeug markiert den Referenzpunkt für das Stauende. Die Positionen, Geschwindigkeit- und Beschleunigungsverläufe werden aufgezeichnet, sowie der Zeitpunkt an dem die DEN verschickt wurde. Kommunikationskontakte erhält man aus der Umfeldtabelle. Aufgezeichnet wird die Umfeldtabelle (DENs) und CAMs), Das Ergebnis des Relevanzfilters und der Abstand zu Referenzort werden gelogged. Es wird aufgezeichnet ob eine CAM- oder DEN-Warnung erfolgt. Der Zeitpunkt des HMI-Auftrags wird gespeichert. Die zeitliche Abfolge der Präsentationsaufträge wird gespeichert. Dazu werden Fahreraktionen (Gas-, Bremse-, Warnblinker-Betätigung) sowie Positionsverlauf, Geschwindigkeiten, Beschleunigungen aufgezeichnet. Die Beurteilung der Fahrer wird nach der Fahrt abgefragt. Der gesamte Ablauf der Funktion (Erkennen, CAMs bzw DENs erzeugen, versenden, empfangen, weitervermitteln. Ablegen in Umfeldtabelle, Filtern der relevanten Meldung durch Relevanzfilter, Warnungsgenerierung) muss anhand von Log-Dateien nachvollziehbar sein. Zustand ob Warnung ausgegeben wird oder nicht muss gespeichert werden.
IRS	Prinzipiell können auch IRS die DEN zur Stauendewarnung verbreiten. Da jedoch nicht garantiert ist, dass sich eine IRS in der Nähe befindet, wird sie nur im Rahmen ihrer Funktion als DEN-Repeater betrachtet.
ICS	Die Funktion arbeitet nicht auf der ICS.
Navigationssystem	Dynamische Routenberechnung deaktiviert: Es werden keine alternativen Routen berechnet (sonst wird Stauende umfahren).
Infrastrukturseitige Komponenten	Hier nicht relevant
Sonstige Aktoren	Hier nicht relevant

<sup>6</sup> Die hier angeführten Messgrößen fließen in die Messgrößensammlung des AP24 ein. Die bisher in AP12 den relevanten Validierungszielen zugeordneten Messgrößen werden in Tabelle 83 aufgeführt und fließen ebenfalls in die Messgrößensammlung des AP24 ein.

### Verkehrliche und technische Randbedingungen für N\_A\_2.1.2.1\_IF01

Tabelle 77 zeigt die verkehrlichen und technischen Randbedingungen mit ihrer entsprechenden Priorisierung für den Versuchsfall N\_A\_2.1.2.1\_IF01. Für die Streckenart stehen die Kategorien „Autobahn“, „Bundes-/ Landstraße“ oder „innerörtliche Straße“ zur Auswahl. Beim Verkehrszustand kann grundsätzlich zwischen „frei“, „dicht“ und „Stau“ unterschieden werden. Da bei diesem Anwendungsfall das plötzliche Stauende interessiert, muss eine Kombination aus freiem Verkehr und Stau gewählt werden. Die Verkehrszustände unterscheiden sich dabei wie folgt:

- Freier Verkehr: Hohe Geschwindigkeiten bei niedrigen Verkehrsstärken und -dichten
- Dichter Verkehr: Maximale Verkehrsstärken bei optimalen (kritischen) Verkehrsdichten und Geschwindigkeiten
- Stau: Hohe Verkehrsdichten bei geringen Verkehrsstärken und Geschwindigkeiten

Die Verkehrsstärke  $q$  ist dabei die Anzahl der Verkehrselemente eines Verkehrsstromes je

Zeiteinheit an einem Querschnitt:  $q = \frac{M}{\Delta t} \left[ \frac{Fz}{h} \right]$

M: Anzahl der Verkehrselemente, die einen Querschnitt während des Beobachtungszeitraums  $\Delta t$  durchfahren

$\Delta t$  : Beobachtungszeitraum

Die Verkehrsdichte  $k$  ist definiert als die Anzahl Verkehrselemente eines Verkehrsstromes je

Wegeinheit zu einem Zeitpunkt  $t$ :  $k = \frac{N}{\Delta s} \left[ \frac{Fz}{km} \right]$

N: Anzahl der Verkehrselemente, die sich im Beobachtungsabschnitt  $\Delta s$  befinden

$\Delta s$  : Länge des Beobachtungsabschnitts

Als Randbedingung wird bei diesem Versuchsfall unterschieden, ob ein Stauende einsehbar ist oder nicht, bspw. aufgrund einer Kurve oder Kuppe.

Die Priorisierung der Variationen für verkehrliche und technische Randbedingungen wurde überwiegend von den FETs vorgenommen und erfolgte mittels der Stufen „null“, „niedrig“, „mittel“ und „hoch“. In Einzelfällen wurde noch keine Priorisierung angegeben, was durch ein „-“ verdeutlicht wird. Im Zuge von AP41 „Versuchsdesign“ wird diese Priorisierung überprüft, bspw. welche Versuchsfallvariationen für die Wirkungsanalyse und Bewertung benötigt werden und für die Versuchsdurchführung dementsprechend priorisiert werden müssen. Es ist angedacht, dass dies unter Einbeziehung von TP5 im Rahmen von AP41 „Versuchsdesign“ stattfinden wird.

Bei der Ausstattungsrate der ITS Vehicle Station (IVS) sowie der Ausstattungsichte der ITS Road Side Stations (IRS) ist zwischen den Optionen „null“, „niedrig“, „mittel“ und „hoch“ zu unterscheiden. Die IVS-Ausstattungsrate bezieht sich dabei auf die Anzahl der ausgestatteten C2X-Fahrer im Gesamtverkehr zu einem bestimmten Zeitpunkt:

$$\text{Ausstattungsrate IVS} = \frac{\text{Anzahl C2X - Fahrzeuge}}{\text{Anzahl Fahrzeuge Gesamtverkehr}}$$



Als IVS-Ausstattungsichte wird die Anzahl der ausgestatteten C2X-Fahrer pro Streckenabschnittslänge zu einem bestimmten Zeitpunkt bezeichnet:

$$\text{Ausstattungsichte IVS} = \frac{\text{Anzahl C2X - Fahrzeuge}}{\text{Länge Streckenabschnitt}}$$

Die IRS- Ausstattungsichte bezieht sich auf die Anzahl der IRS pro Streckenabschnitt.

$$\text{Ausstattungsichte IRS} = \frac{\text{Anzahl IRS}}{\text{Länge Streckenabschnitt}}$$

Als Übertragungsmedium stehen, je nach Anwendungsfall, UMTS, P-WLAN (802.11p) und C-WLAN (802.11 b/g) zur Verfügung.



Tabelle 77: Verkehrliche und technische Randbedingungen für N\_A\_2.1.2.1\_IF01

Variation	Priorisierung verkehrlich	Priorisierung technisch	Streckenart (Autobahn, Bundes- /Landstraße, Innerorts)	Verkehrs- zustand (Frei, Dicht, Stau)	Ausstattungs- rate IVS	Ausstattungs- dichte IRS	Übertragungs- -medium	Vorbedingung	Weitere Vorbedingung
N_A_2.1.2.1_IF01_Ao22P_a	Mittel	Hoch	Autobahn	Frei/Stau	Mittel	Mittel	802.11p	nicht-einsehbares Stauende (hinter Kuppe/Kurve)	keine
N_A_2.1.2.1_IF01_Ao22P_b	Hoch	Hoch	Autobahn	Frei/Stau	Mittel	Mittel	802.11p	einsehbares Stauende	keine
N_A_2.1.2.1_IF01_Bo22P_a	Null	Hoch	Bundes- /Landstraße	Frei/Stau	Mittel	Mittel	802.11p	nicht-einsehbares Stauende (hinter Kuppe/Kurve)	keine
N_A_2.1.2.1_IF01_Bo22P_b	Null	Hoch	Bundes- /Landstraße	Frei/Stau	Mittel	Mittel	802.11p	einsehbares Stauende	keine

### Validierungsziele für N\_A\_2.1.2.1\_IF01

Tabelle 78 bis Tabelle 82 zeigen die für diesen Versuchsfall adressierten Validierungs- und Charakterisierungsziele für die Nutzerakzeptanz, Fahr- und Verkehrseffizienz sowie für die Fahr- und Verkehrssicherheit. Zur Vereinfachung wird im Folgenden nur von Validierungszielen gesprochen. Ein gesetztes "X" bedeutet, dass das Validierungsziel als adressiert gilt, d.h. dass das Validierungsziel untersucht wird. Bei einem leeren Feld ist das Validierungsziel für den Versuchsfall nicht relevant, es wird nicht untersucht. Die Angaben in den Spalten "adressiert" beziehen sich auf den vorliegenden Versuchsfall und wurden von TUM-VT und IZVW in Absprache mit den jeweiligen FETs, ausgefüllt.

Tabelle 78: Adressierte Validierungsziele der Nutzerakzeptanz für den Versuchsfall N\_A\_2.1.2.1\_IF01

	Akzeptanz	adressiert
N.01	Hohe wahrgenommene Nützlichkeit	X
N.02	Positive Einstellung gegenüber System	X
N.03	Positive Systemnutzung	X

Tabelle 79: Adressierte Validierungsziele der Fahreffizienz für den Versuchsfall N\_A\_2.1.2.1\_IF01

	Fahreffizienz	adressiert
FE.01	Änderung der Reisezeit	X
FE.02	Änderung der Verlustzeit	X
FE.03	Änderung des Geschwindigkeitsprofils	X
FE.04	Änderung der Anzahl der Halte	
FE.05	Kraftstoffverbrauch	X
FE.06	Änderung der Gesamtwegstrecke	

Tabelle 80: Adressierte Validierungsziele der Verkehrseffizienz für den Versuchsfall N\_A\_2.1.2.1\_IF01

	Verkehrseffizienz	adressiert
VE.01	Änderung der Reisezeiten	
VE.02	Änderung der Varianz der Reisezeiten	
VE.03	Änderung der Verlustzeiten	
VE.04	Kapazitätsveränderung	
VE.05	Harmonisierung des Verkehrsablaufs	
VE.06	Änderung der Anzahl der Halte	
VE.07	Kraftstoffverbrauch	
VE.08	Änderung der Gesamtwegstrecke	

Tabelle 81: Adressierte Validierungsziele der Fahrsicherheit für den Versuchsfall N\_A\_2.1.2.1\_IF01

	Fahrsicherheit	adressiert
FS.01	Änderung des Abstandsverhaltens	X
FS.02	Änderung des Beschleunigungsverhaltens	X
FS.03	Änderung der Häufigkeit kritischer Fahrsituationen	X
FS.04	Änderung des Reaktionsverhaltens	X
FS.05	Änderung des Geschwindigkeitsverhaltens	X

Tabelle 82: Adressierte Validierungsziele der Verkehrssicherheit für den Versuchsfall N\_A\_2.1.2.1\_IF01

	Verkehrssicherheit	adressiert
VS.01	Änderung des Abstandsverhaltens	X
VS.02	Änderung des Beschleunigungsverhaltens	X
VS.03	Änderung der Häufigkeit kritischer Verkehrssituationen	X
VS.04	Harmonisierung des Verkehrsablaufs	X
VS.05	Änderung des Reaktionsverhaltens	
VS.06	Änderung des Geschwindigkeitsverhaltens	X

Einen ersten Überblick über die benötigten Messgrößen für den Versuchsfall N\_A\_2.1.2.1\_IF01 gemäß der Zuordnung von Messgrößen zu Validierungszielen (siehe D12.2, Tabelle 11) gibt Tabelle 83. Die hier angeführten Messgrößen fließen ebenfalls in die Messgrössensammlung des AP24 ein.

Tabelle 83: Messgrößen für den Versuchsfall N\_A\_2.1.2.1\_IF01

	Validierungsziel	Messgrößen
N.01	Hohe wahrgenommene Nützlichkeit	Fahrerurteil
N.02	Positive Einstellung gegenüber System	Fahrerurteil
N.03	Positive Systemnutzung	Zeit [s], Warnblinkernutzung [-], Blinkernutzung [-], Lenkradwinkel [°], Position [Koordinaten], Anzahl [-], Fahrerurteil, Geschwindigkeit [m/s], Blinkerstatus [-], Zeit [s], GPS-Position [°], Beschleunigung [m/s²],
FE.01	Änderung der Reisezeit	Weg [m], Position [Koordinaten], Zeitstempel [s], Reisezeit [s]
FE.02	Änderung der Verlustzeit	Position [Koordinaten], Weg [m], Zeitstempel [s], Reisezeit [s]
FE.03	Änderung des Geschwindigkeitsprofils	Weg [m], Position [Koordinaten], Geschwindigkeit [m/s], Zeitstempel [s]
FE.05	Kraftstoffverbrauch	Zeitstempel [s], Kraftstoffmenge [l], Weg [m], Position [Koordinaten]
FS.01	Änderung des Abstandsverhaltens	Position des Ereignisses [Koordinaten], Position [Koordinaten], Abstand zum Vorderfahrzeug [m], Weg [m], Geschwindigkeit [m/s], Zeitstempel [s]
FS.02	Änderung des Beschleunigungsverhaltens	Geschwindigkeit [m/s], Weg [m], Längsbeschleunigung [m/s²], Zeitstempel [s], Position [Koordinaten]
FS.03	Änderung der Häufigkeit kritischer Fahrsituationen	Position [Koordinaten], Abstand zum Vorderfahrzeug [m], Geschwindigkeit [m/s], Weg [m], Querbesehleunigung [m/s²], Position des Ereignisses [Koordinaten], Bremsdruck [Pa], Radeinschlag [°], Zeit [s], Blinkerstatus [-], Lenkradeinschlag [°]
FS.04	Änderung des Reaktionsverhaltens	Position [Koordinaten], Abstand zum Vorderfahrzeug [m], Blinkerstatus [-], Radeinschlag [°], Lenkradeinschlag [°], Position des Ereignisses [Koordinaten], Weg [m], Zeit [s], Geschwindigkeit [m/s], Querbesehleunigung [m/s²], Bremsdruck [Pa]

	Validierungsziel	Messgrößen
FS.05	Änderung des Geschwindigkeitsverhaltens	Geschwindigkeit [m/s]
VS.01	Änderung des Abstandsverhaltens	Position des Ereignisses [Koordinaten], Zeitstempel [s], Geschwindigkeit [m/s], Abstand zum Vorderfahrzeug [m], Weg [m], Position [Koordinaten]
VS.02	Änderung des Beschleunigungsverhaltens	Längsbeschleunigung [m/s <sup>2</sup> ], Weg [m], Geschwindigkeit [m/s], Zeitstempel [s], Position [Koordinaten]
VS.03	Änderung der Häufigkeit kritischer Verkehrssituationen	Position des Ereignisses [Koordinaten], Position [Koordinaten], Zeit [s], Abstand zum Vorderfahrzeug [m], Weg [m], Lenkradeinschlag [°], Radeinschlag [°], Blinkerstatus [-], Querbewegung [m/s <sup>2</sup> ], Geschwindigkeit [m/s], Bremsdruck [Pa]
VS.04	Harmonisierung des Verkehrsablaufs	a) streckenbezogen, Abstand zum Vorderfahrzeug [m], Geschwindigkeit [m/s], b) querschnittsbezogen (fahrstreifenfein), Zeitstempel [s], Weg [m], Position [Koordinaten], Nettozeitlücken [s]
VS.06	Änderung des Geschwindigkeitsverhaltens	Geschwindigkeit [m/s]

### Versuchsfall N\_A\_2.1.2.1\_EF01

Die Versuchsfälle (siehe Tabelle 84) für die externe Flotte sind nicht planbar, da die Fahrer selbstbestimmt im Versuchsgebiet unterwegs sind (z.B. Pendler in privaten Fahrzeugen oder Mitarbeiter der Stadt Frankfurt/Main in Dienstfahrzeugen. Die genaue Zusammensetzung ist zum Zeitpunkt der Berichtslegung noch nicht festgelegt.). Die Fahrzeuge sind mit sim<sup>TD</sup>-Technologie ausgestattet. Da die Fahrer sich frei bewegen, sind auch Fahrten außerhalb des Versuchsgebiets möglich. Deshalb entfallen für diese Versuchsfälle die Beschreibungen zu Akteuren, verkehrlichen und technischen Randbedingungen sowie zu den Validierungszielen.

Tabelle 84: Beschreibung des Versuchsfalls N\_A\_2.1.2.1\_EF01

N_A_2.1.2.1_EF01	
Autor	Julia Müller, Dominik Mühlbacher
Versuchsumgebung/-ort	Feld – externe Flotte
Versuchsschritte	<p>Nur zufällige Ereignisse, nicht planbar!</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Die Fahrzeuge der externen Flotte werden in verschiedene Gruppen eingeteilt - Fahrzeuge, die eine Information/Warnung durch den Anwendungsfall erhalten, und Fahrzeuge, die keine Information/Warnung erhalten.</li> <li>2. Die Fahrer fahren frei im Versuchsgebiet und erhalten je nach Relevanz und Gruppenzugehörigkeit entsprechende Informationen/Warnungen.</li> <li>3. Vergleich der Gruppen und Auswertung hinsichtlich relevanter Validierungsziele in Abhängigkeit der Güte der erhaltenen Datenbasis.</li> </ol> <p>Die Fahrzeuge beider Gruppen beteiligen sich an der Kommunikation und es werden für die Auswertung relevante Daten geloggt (auch wenn die Fahrer der zweiten Gruppe eine Anzeige erhalten hätten).</p>

### Versuchsfall N\_A\_2.1.2.1\_ntV\_1\_FS01

Der Versuchsfall A\_2.1.2.1\_ntV\_1\_FS01 wurde für die Versuchsumgebung in der Fahrsimulation konzipiert. In Tabelle 85 sind die einzelnen Versuchsschritte sowie die sog. Aktoren und zugehörige Messgrößen aufgezeigt.

Tabelle 85: Beschreibung des Versuchsfalls A\_2.1.2.1\_ntV\_1\_FS01

N_A_2.1.2.1_ntV_1_FS01	
Autor	Dominik Mühlbacher
Versuchsumgebung/-ort	Fahrsimulation
Versuchsschritte	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Die Fahrer zweier Gruppen fahren auf ein Stauende zu.</li> <li>2. Die Fahrer der ersten Gruppe erhalten eine Warnung vor dem Stauende. Die Fahrer der zweiten Gruppe erhalten keine Warnung</li> <li>3. Vergleich der beiden Gruppen hinsichtlich des Annäherungsverhaltens.</li> </ol>
<b>Aktoren</b>	
Initialfahrzeug	Der Fahrer nähert sich mit seinem Fahrzeug einem Stauende mit hoher Geschwindigkeit. Die Detektion des Stauendes geschieht über die Simulationssoftware SILAB
Fahrzeuge mit Information/Warnung	Die Fahrer der ersten Gruppe nähern sich dem Stauende und werden vor dem Stauende gewarnt
Fahrzeuge ohne Information/Warnung	Die Fahrer der zweiten Gruppe nähern sich dem Stauende und erhalten keine Warnung.
Erste Sammlung von Messgrößen für die Auswertung gemäß FET-Rückmeldung <sup>7</sup>	Aufgezeichnet werden Fahreraktionen (Gas, Bremse, Warnblinker), sowie die Geschwindigkeits- und Beschleunigungsprofile bis in den Stau hinein. Subjektive Beurteilung der Funktion mittels Fragebogen.
IRS	Hier nicht relevant.
ICS	Hier nicht relevant.
Navigationssystem	Hier nicht relevant.
Infrastrukturseitige Komponenten	Hier nicht relevant
Sonstige Aktoren	Hier nicht relevant

<sup>7</sup> Die hier angeführten Messgrößen fließen in die Messgrößensammlung des AP24 ein. Die bisher in AP12 den relevanten Validierungszielen zugeordneten Messgrößen werden in Tabelle 92 aufgeführt und fließen ebenfalls in die Messgrößensammlung des AP24 ein.

### Verkehrliche und technische Randbedingungen für N\_A\_2.1.2.1\_ntV\_1\_FS01

Nachfolgende Tabelle 86 verdeutlicht die verkehrlichen und technischen Randbedingungen mit ihren entsprechenden Priorisierungen für den Versuchsfall N\_A\_2.1.2.1\_ntV\_1\_FS01.

Tabelle 86: Verkehrliche und technische Randbedingungen des Versuchsfalls N\_A\_2.1.2.1\_ntV\_1\_FS01

Variation	Priorisierung verkehrlich	Priorisierung technisch	Streckenart (Autobahn, Bundes- /Landstraße, Innerorts)	Verkehrs- zustand (Frei, Dicht, Stau)	Ausstattungs- rate IVS	Ausstattungs- dichte IRS	Übertragungs- medium	Vorbedingung	Weitere Vorbedingung
N_A_2.1.2.1_FS01_Ao00o_a	Hoch	Hoch	Autobahn	Frei/Stau	Null	Null	ohne	nicht-einsehbares Stauende (hinter Kuppe/Kurve)	keine
N_A_2.1.2.1_FS01_Ao00o_b	Hoch	Hoch	Autobahn	Frei/Stau	Null	Null	ohne	einsehbares Stauende	keine
N_A_2.1.2.1_FS01_Bo00o_a	Null	Hoch	Bundes- /Landstraße	Frei/Stau	Null	Null	ohne	nicht-einsehbares Stauende (hinter Kuppe/Kurve)	keine
N_A_2.1.2.1_FS01_Bo00o_b	Null	Hoch	Bundes- /Landstraße	Frei/Stau	Null	Null	ohne	einsehbares Stauende	keine

Da die IVS-Ausstattungsrate und die IRS-Ausstattungsichte über die Simulationssoftware SILAB variiert werden, sind die Varianten IVS oder IRS bzw. das Übertragungsmedium in dieser Versuchsumgebung irrelevant.

### Validierungsziele für N\_A\_2.1.2.1\_ntV\_1\_FS01

Nachfolgende Tabelle 87 bis Tabelle 91 zeigen die für diesen Versuchsfall adressierten Validierungsziele für die Nutzerakzeptanz, Fahr- und Verkehrseffizienz sowie für die Fahr- und Verkehrssicherheit.

Tabelle 87: Adressierte Validierungsziele der Nutzerakzeptanz für den Versuchsfall A\_2.1.2.1\_ntV\_1\_FS01

	Akzeptanz	adressiert
N.01	Hohe wahrgenommene Nützlichkeit	X
N.02	Positive Einstellung gegenüber System	X
N.03	Positive Systemnutzung	X

Tabelle 88: Adressierte Validierungsziele der Fahreffizienz für den Versuchsfall N\_A\_2.1.2.1\_ntV\_1\_FS01

	Fahreffizienz	adressiert
FE.01	Änderung der Reisezeit	
FE.02	Änderung der Verlustzeit	
FE.03	Änderung des Geschwindigkeitsprofils	
FE.04	Änderung der Anzahl der Halte	
FE.05	Kraftstoffverbrauch	
FE.06	Änderung der Gesamtwegstrecke	

Tabelle 89: Adressierte Validierungsziele der Verkehrseffizienz für den Versuchsfall N\_A\_2.1.2.1\_ntV\_1\_FS01

	Verkehrseffizienz	adressiert
VE.01	Änderung der Reisezeiten	
VE.02	Änderung der Varianz der Reisezeiten	
VE.03	Änderung der Verlustzeiten	
VE.04	Kapazitätsveränderung	
VE.05	Harmonisierung des Verkehrsablaufs	
VE.06	Änderung der Anzahl der Halte	
VE.07	Kraftstoffverbrauch	
VE.08	Änderung der Gesamtwegstrecke	

Tabelle 90: Adressierte Validierungsziele der Fahrsicherheit für den Versuchsfall N\_A\_2.1.2.1\_ntV\_1\_FS01

	Fahrsicherheit	adressiert
FS.01	Änderung des Abstandsverhaltens	X
FS.02	Änderung des Beschleunigungsverhaltens	X
FS.03	Änderung der Häufigkeit kritischer Fahrsituationen	X
FS.04	Änderung des Reaktionsverhaltens	
FS.05	Änderung des Geschwindigkeitsverhaltens	

Tabelle 91: Adressierte Validierungsziele der Verkehrssicherheit für den Versuchsfall N\_A\_2.1.2.1\_ntV\_1\_FS01

	Verkehrssicherheit	adressiert
VS.01	Änderung des Abstandsverhaltens	
VS.02	Änderung des Beschleunigungsverhaltens	



	Verkehrssicherheit	adressiert
VS.03	Änderung der Häufigkeit kritischer Verkehrssituationen	
VS.04	Harmonisierung des Verkehrsablaufs	
VS.05	Änderung des Reaktionsverhaltens	
VS.06	Änderung des Geschwindigkeitsverhaltens	

Tabelle 92 gibt einen ersten Überblick über Messgrößen, die gemäß der Zuordnung von Messgrößen zu Validierungszielen (siehe D12.2, Tabelle 11) für den Versuchsfall N\_A\_2.1.2.1\_ntV\_1\_FS01 zumindest benötigt werden. Die hier angeführten Messgrößen fließen ebenfalls in die Messgrößensammlung des AP24 ein.

Tabelle 92: Messgrößen für den Versuchsfall N\_A\_2.1.2.1\_ntV\_1\_FS01

	Validierungsziel	Messgrößen
N.01	Hohe wahrgenommene Nützlichkeit	Fahrerurteil
N.02	Positive Einstellung gegenüber System	Fahrerurteil
N.03	Positive Systemnutzung	Geschwindigkeit [m/s], Anzahl [-], Zeit [s], Warnblinkernutzung [-], Blinkernutzung [-], Lenkradwinkel [°], Position [Koordinaten], Beschleunigung [m/s²], Zeit [s], Blinkerstatus [-], GPS-Position [°], Fahrerurteil,
FS.01	Änderung des Abstandsverhaltens	Position des Ereignisses [Koordinaten], Weg [m], Zeitstempel [s], Geschwindigkeit [m/s], Abstand zum Vorderfahrzeug [m], Position [Koordinaten]
FS.02	Änderung des Beschleunigungsverhaltens	Weg [m], Position [Koordinaten], Zeitstempel [s], Längsbeschleunigung [m/s²], Geschwindigkeit [m/s]
FS.03	Änderung der Häufigkeit kritischer Fahrsituationen	Lenkradeinschlag [°], Querbesehleunigung [m/s²], Radeinschlag [°], Bremsdruck [Pa], Position des Ereignisses [Koordinaten], Position [Koordinaten], Weg [m], Zeit [s], Abstand zum Vorderfahrzeug [m], Geschwindigkeit [m/s], Blinkerstatus [-]

### Versuchsfall N\_A\_2.1.2.1\_VS01

Ein weiterer Versuchsfall wurde für die Verkehrssimulation konzipiert. Tabelle 93 zeigt die zugehörigen Versuchsschritte sowie die an diesem Versuchsfall beteiligten Akteure und relevante Messgrößen.

Tabelle 93: Beschreibung des Versuchsfalls N\_A\_2.1.2.1\_VS01

N_A_2.1.2.1_VS01	
Autor	Julia Müller
Versuchsumgebung/-ort	Verkehrssimulation
Versuchsschritte	1. Die Fahrer-Fahrzeug-Einheiten (FFE ) zweier Gruppen fahren auf einer gemeinsamen Strecke auf ein Stauende zu. Die erste Gruppe erhält eine Warnung vor starkem Bremsen vorausfahrender Fahrzeuge, die zweite Gruppe nicht.

	<p>2. Das für den Anwendungsfall relevante Fahrverhalten der Fahrer-Fahrzeug-Einheiten (FFE) der beiden Gruppen wird aus den Versuchsdaten der internen Flotte und/oder der Fahrsimulation ermittelt.</p> <p>3. Ein Teil der FFEs in der Verkehrssimulation bekommt nach Erhalt der Warnung (temporär) das entsprechende Fahrverhalten zugewiesen. Der Anteil wird zwischen 0% und 100% variiert.</p> <p>4. Vergleich der Auswirkungen auf Fahr- und Verkehrseffizienz und Verkehrssicherheit in Abhängigkeit von der Ausstattungsrate.</p>
<b>Aktoren</b>	
Initialfahrzeug	Der Fahrer nähert sich mit seinem Fahrzeug einem Stauende mit hoher Geschwindigkeit. Das Fahrzeug detektiert das Stauende und sendet die Information an umgebende IVS und IRS.
Fahrzeuge mit Information/Warnung	Fahrzeuge der ersten Gruppe erhalten immer dann das Fahrverhaltensmodell "Warnung vor Stauende", wenn Warnung vor Stauende angezeigt wird. Die Kommunikation zwischen Fahrzeugen und IRS wird modelliert.
Fahrzeuge ohne Information/Warnung	Fahrverhaltensmodell "Fahrer bekommt keine Warnung"
Erste Sammlung von Messgrößen für die Auswertung gemäß FET-Rückmeldung <sup>8</sup>	Positionen, Geschwindigkeiten, Beschleunigungen und Abstände zu vorausfahrenden Fahrzeugen
IRS	Die Kommunikation der IRS wird in der Verkehrssimulation modelliert.
ICS	Hier nicht relevant
Navigationssystem	Hier nicht relevant
Infrastrukturseitige Komponenten	Hier nicht relevant
Sonstige Aktoren	Hier nicht relevant

<sup>8</sup> Die hier angeführten Messgrößen fließen in die Messgrößensammlung des AP24 ein. Die bisher in AP12 den relevanten Validierungszielen zugeordneten Messgrößen werden in Tabelle 100 aufgeführt und fließen ebenfalls in die Messgrößensammlung des AP24 ein.

### Verkehrliche und technische Randbedingungen für N\_A\_2.1.2.1\_VS01

Nachfolgende Tabelle 94 verdeutlicht die verkehrlichen und technischen Randbedingungen mit ihrer entsprechenden Priorisierung für den Versuchsfall N\_A\_2.1.2.1\_VS01.

Tabelle 94: Verkehrliche und technische Randbedingungen für N\_A\_2.1.2.1\_VS01

Variation	Priorisierung verkehrlich	Priorisierung technisch	Streckenart (Autobahn, Bundes- /Landstraße, Innerorts)	Verkehrszustand (Frei, Dicht, Stau)	Ausstattungs- rate IVS	Ausstattungs- dichte IRS	Übertragungs- medium	Vorbedingung	Weitere Vorbedingung
N_A_2.1.2.1_VS01_Ao00P_a	Hoch	Hoch	Autobahn	Frei/Stau	Null	Null	802.11p	keine	keine
N_A_2.1.2.1_VS01_Ao12P_a	Hoch	Hoch	Autobahn	Frei/Stau	Niedrig	Mittel	802.11p	keine	keine
N_A_2.1.2.1_VS01_Ao22P_a	Hoch	Hoch	Autobahn	Frei/Stau	Mittel	Mittel	802.11p	keine	keine
N_A_2.1.2.1_VS01_Ao32P_a	Hoch	Hoch	Autobahn	Frei/Stau	Hoch	Mittel	802.11p	keine	keine

### Validierungsziele für N\_A\_2.1.2.1\_VS01

Die für diesen Versuchsfall adressierten Validierungsziele für die Nutzerakzeptanz, Fahr- und Verkehrseffizienz sowie für die Fahr- und Verkehrssicherheit sind in den folgenden Tabelle 95 bis Tabelle 99 aufgezeigt.

Tabelle 95: Adressierte Validierungsziele der Nutzerakzeptanz für den Versuchsfall N\_A\_2.1.2.1\_VS01

	Akzeptanz	adressiert
N.01	Hohe wahrgenommene Nützlichkeit	
N.02	Positive Einstellung gegenüber System	
N.03	Positive Systemnutzung	

Tabelle 96: Adressierte Validierungsziele der Fahreffizienz für den Versuchsfall N\_A\_2.1.2.1\_VS01

	Fahreffizienz	adressiert
FE.01	Änderung der Reisezeit	X
FE.02	Änderung der Verlustzeit	X
FE.03	Änderung des Geschwindigkeitsprofils	X
FE.04	Änderung der Anzahl der Halte	
FE.05	Kraftstoffverbrauch	
FE.06	Änderung der Gesamtwegstrecke	

Tabelle 97: Adressierte Validierungsziele der Verkehrseffizienz für den Versuchsfall N\_A\_2.1.2.1\_VS01

	Verkehrseffizienz	adressiert
VE.01	Änderung der Reisezeiten	X
VE.02	Änderung der Varianz der Reisezeiten	
VE.03	Änderung der Verlustzeiten	X
VE.04	Kapazitätsveränderung	
VE.05	Harmonisierung des Verkehrsablaufs	
VE.06	Änderung der Anzahl der Halte	
VE.07	Kraftstoffverbrauch	
VE.08	Änderung der Gesamtwegstrecke	

Tabelle 98: Adressierte Validierungsziele der Fahrsicherheit für den Versuchsfall N\_A\_2.1.2.1\_VS01

	Fahrsicherheit	adressiert
FS.01	Änderung des Abstandsverhaltens	
FS.02	Änderung des Beschleunigungsverhaltens	
FS.03	Änderung der Häufigkeit kritischer Fahrsituationen	
FS.04	Änderung des Reaktionsverhaltens	
FS.05	Änderung des Geschwindigkeitsverhaltens	

Tabelle 99: Adressierte Validierungsziele der Verkehrssicherheit für den Versuchsfall N\_A\_2.1.2.1\_VS01

	Verkehrssicherheit	adressiert
VS.01	Änderung des Abstandsverhaltens	X

	Verkehrssicherheit	adressiert
VS.02	Änderung des Beschleunigungsverhaltens	X
VS.03	Änderung der Häufigkeit kritischer Verkehrssituationen	X
VS.04	Harmonisierung des Verkehrsablaufs	X
VS.05	Änderung des Reaktionsverhaltens	
VS.06	Änderung des Geschwindigkeitsverhaltens	X

Tabelle 100 gibt einen ersten Überblick über Messgrößen, die gemäß der Zuordnung von Messgrößen zu Validierungszielen (siehe D12.2, Tabelle 11) für den Versuchsfall N\_A\_2.1.2.1\_VS01 zumindest benötigt werden. Die hier angeführten Messgrößen fließen ebenfalls in die Messgrößensammlung des AP24 ein.

Tabelle 100: Messgrößen für den Versuchsfall N\_A\_2.1.2.1\_VS01

	Validierungsziel	Messgrößen
FE.01	Änderung der Reisezeit	Position [Koordinaten], Weg [m], Zeitstempel [s], Reisezeit [s]
FE.02	Änderung der Verlustzeit	Position [Koordinaten], Weg [m], Reisezeit [s], Zeitstempel [s]
FE.03	Änderung des Geschwindigkeitsprofils	Zeitstempel [s], Weg [m], Geschwindigkeit [m/s], Position [Koordinaten]
VE.01	Änderung der Reisezeiten	Zeitstempel [s], Weg [m], Reisezeit [s], Position [Koordinaten]
VE.03	Änderung der Verlustzeiten	Weg [m], Zeitstempel [s], Reisezeit [s], Position [Koordinaten]
VS.01	Änderung des Abstandsverhaltens	Zeitstempel [s], Weg [m], Position des Ereignisses [Koordinaten], Position [Koordinaten], Geschwindigkeit [m/s], Abstand zum Vorderfahrzeug [m]
VS.02	Änderung des Beschleunigungsverhaltens	Position [Koordinaten], Geschwindigkeit [m/s], Längsbeschleunigung [m/s <sup>2</sup> ], Zeitstempel [s], Weg [m]
VS.03	Änderung der Häufigkeit kritischer Verkehrssituationen	Blinkerstatus [-], Querbeseleunigung [m/s <sup>2</sup> ], Lenkradeinschlag [°], Position des Ereignisses [Koordinaten], Bremsdruck [Pa], Radeinschlag [°], Position [Koordinaten], Weg [m], Zeit [s], Abstand zum Vorderfahrzeug [m], Geschwindigkeit [m/s]
VS.04	Harmonisierung des Verkehrsablaufs	Geschwindigkeit [m/s], Weg [m], Zeitstempel [s], Abstand zum Vorderfahrzeug [m], Nettozeitlücken [s], a) streckenbezogen, Position [Koordinaten], b) querschnittsbezogen (fahrstreifenfein)
VS.06	Änderung des Geschwindigkeitsverhaltens	Geschwindigkeit [m/s]

Die konsolidierten Versuchsfälle (siehe Anhang 3) werden für die Erstellung von Versuchsszenarien und Drehbüchern an AP41 „Versuchsdesign“ übergeben.

## 4 Tragende Säulen

Die sim<sup>TD</sup> Architektur besteht aus einer großen Zahl von komplexen Komponenten, die zu einem großen Teil während des Projektes entwickelt werden. Die Interaktion dieser Komponenten wird ebenfalls eine erhebliche Komplexität aufweisen. Dieses Gesamtsystem soll entsprechend dem Projektplan in wenigen Monaten soweit überprüft werden, dass am Meilenstein 6 (MS6) „Gesamtsystem funktioniert im Testgelände“ die Entscheidung gefällt werden kann, ob die Flotte ausgerüstet werden soll oder ob das Projekt abgebrochen werden muss. Es erscheint undurchführbar, jede Komponente und das Gesamtsystem bis zu diesem Zeitpunkt vollständig, in allen Details, getestet zu haben. Deswegen ist es notwendig, die Teile des Gesamtsystems zu identifizieren, die bis zu MS6 mindestens erprobt werden müssen, um die Ausrüstungs-Entscheidung treffen zu können. Diese Teile werden im Folgenden „tragende Säulen“ der sim<sup>TD</sup> Architektur genannt.

Für die Testspezifikation ist diese Definition wichtig, da die Testfälle in Klassen eingeteilt werden, wodurch sie im weiteren Projektverlauf unterschiedlich bearbeitet werden.

Als tragende Säule werden die Komponenten der sim<sup>TD</sup> Architektur definiert, die vom Projekt entwickelt werden und damit beeinflussbar sind, und die im Falle ihres Ausfalls die Durchführung des gesamten Feldversuches unmöglich oder nicht sinnvoll erscheinen lassen, was einen Abbruch von sim<sup>TD</sup> bedeuten würde. Es wird davon ausgegangen, dass nicht der alleinige Ausfall einer Einzelfunktion den Abbruch von sim<sup>TD</sup> rechtfertigt, solange genügend andere Funktionen operabel bleiben. Ausgegangen wird von den in der Abbildung 6 gezeigten Architekturkomponenten, sie werden ergänzt um zentrale Komponenten der IVS/IRS. Der Vollständigkeit halber werden zunächst auch solche Komponenten betrachtet, die nicht durch sim<sup>TD</sup> beeinflusst werden können. Andere Ereignisse die zu einem Abbruch von sim<sup>TD</sup> führen können, die aber durch geeignete organisatorische Maßnahmen verhindert oder umgangen werden können werden hier nicht beachtet.

Zusätzlich wird neben den Architektur-Komponenten noch die „Auswertung“ als Komponente in die Betrachtung mit einbezogen. Als Auswertung wird hier das System von Datenverarbeitungswerkzeugen bezeichnet die es erlauben aus aufgezeichneten Datensammlungen Aussagen über die Nutzung, Effekte der Nutzung und technische Effekte von C2X Systemen zu erzielen. Es wird davon ausgegangen das die Auswertungswerkzeuge auch dafür genutzt werden können, um binnen weniger Tage erste Aussagen über die Vollständigkeit und formale Richtigkeit der aufgezeichneten Daten zu erhalten und auch Aussagen der Art „Versuch X wurde erfolgreich durchgeführt“ zu generieren. Da die Auswertungswerkzeuge je nach Fragestellung unterschiedlich sein werden, handelt es sich nicht um ein fest umrissenes System, sondern um eine, über alle sim<sup>TD</sup> Partner verteilte, Meta-Komponente. Je nach Versuch werden unterschiedliche Partner die jeweilige Auswertung durchführen, teilweise werden aber auch die gleichen Versuchen unterschiedlich ausgewertet werden, um den gesamten Informationsgehalt zu gewinnen.

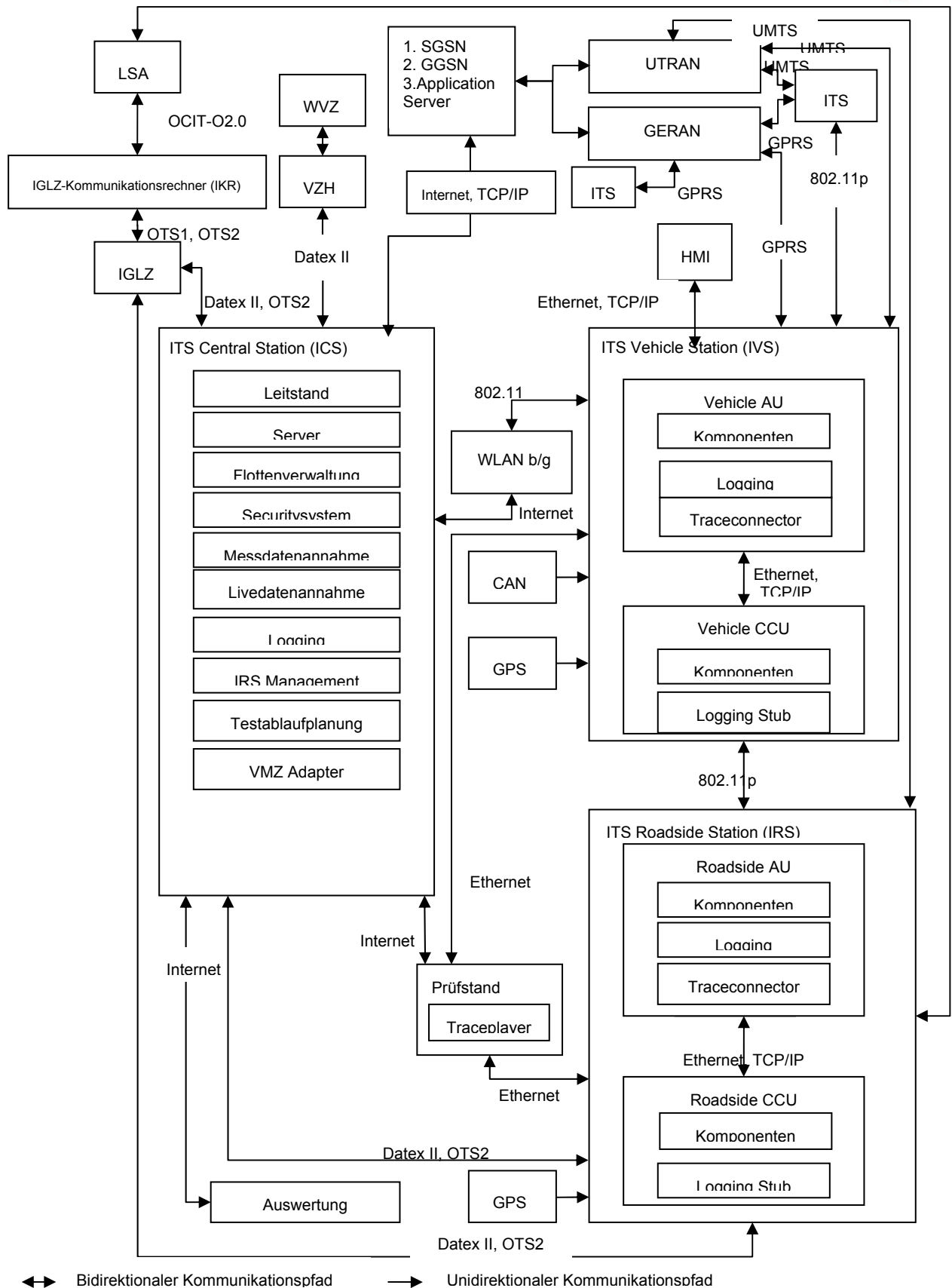


Abbildung 6: Systemübersicht



Die folgende Tabelle (Tabelle 101) stellt dar, wie sich der Ausfall einer Komponente auf das sim<sup>TD</sup>-System auswirken kann, wie wahrscheinlich ein solcher Ausfall ist und ob er zu einem Abbruch des sim<sup>TD</sup>-Systems führen kann. Als sim<sup>TD</sup> Komponente wird jede Komponente bezeichnet, von der ein wichtiger Teil in sim<sup>TD</sup> entwickelt oder genutzt wird. Alle Komponenten, die zwingend zusammenarbeiten müssen, werden zusammengefasst, wenn der Ausfall einer Subkomponente zum Ausfall der gesamten Komponente führt. Bei der Wirkung wird immer nur die am schwersten wiegende Wirkung bzgl. des Feldversuches aufgeführt. Kritische Komponenten sind rot hervorgehoben. Die Wahrscheinlichkeiten für einen Ausfall werden folgendermaßen klassifiziert:

- „Gering“ wird die Ausfallwahrscheinlichkeit für Systeme eingeschätzt, die sich im operativen Betrieb befinden
- „Mittel“ für fertige Systeme, die von sim<sup>TD</sup> nur genutzt werden
- „Hoch“ für alle Systeme, die von sim<sup>TD</sup> entwickelt werden.

Tabelle 101: Ausfallwirkung von sim<sup>TD</sup> Komponenten

Defekte Komponente	sim <sup>TD</sup> Komponente	Wirkung	Wahrscheinlichkeit	sim <sup>TD</sup> Abbruch
LSA	Nein	Städtische Funktionen NOK	Gering	Nein
IGLZ	Nein	Städtische Funktionen NOK	Gering	Nein
IKR	Nein	Städtische Funktionen NOK	Gering	Nein
WVZ	Nein	Autobahn Funktionen NOK	Gering	Nein
VZH	Nein	Autobahn Funktionen NOK	Gering	Nein
Internet	Nein	Datenerfassung & Monitoring NOK	Gering	Ja
Ext. Appl. Server	Ja/nein	Ext. Appl. NOK	Mittel	Nein
UTRAN/GERAN	Nein	Datenerfassung & Monitoring NOK	Gering	Ja
<b>HMI</b>	<b>Ja</b>	<b>Keine Wirkung der Funktionen möglich</b>	<b>Hoch</b>	<b>Ja</b>
GPS	Nein	Keine Positionierung -> keine Fzg. Fkt.	Gering	Ja
<b>CAN (inkl. VAPI/Wrapper)</b>	<b>Ja</b>	<b>Keine Fahrzeugdaten -&gt; viele Fzg. Fkt. NOK</b>	<b>Mittel</b>	<b>Ja</b>
WLAN AP	Nein	Datenaustausch muss über USB/UMTS laufen	Gering	Nein
Prüfstand (inkl. Traceplayer)	Ja	Debugging/Integration aufwändiger	Hoch	Nein
Auswertung	Ja	Keine Wirkungsaussagen zu treffen	Hoch	Nein*
802.11b/g (Phy/MAC)	Nein	1. Datenaustausch über USB/UMTS 2. C2X Fkt. Nur über UMTS/ITS G5	Gering	Nein
ITS G5 (Phy/MAC)	Ja	C2X Fkt. Nur über UMTS/802.11b/g	Hoch	Nein**

Defekte Komponente	sim <sup>TD</sup> Komponente	Wirkung	Wahrscheinlichkeit	sim <sup>TD</sup> Abbruch
Antenne	Ja	1.Keine Kommunikation möglich 2. keine Positionierung möglich	Hoch	Ja
Logging	Ja	Keine Messdaten	Hoch	Ja
SIM-NET + Fac.	Ja	Keine C2X Funktionen	Hoch	Ja
Einzelfunktion	Ja	Funktion NOK	Hoch	Nein
Navigation	Nein	Fkt. die sich auf dem Navi abstützen NOK	Mittel	Nein
Funktionsframework	ja	keine Funktionen	Hoch	Ja
Umfeldtabelle	Ja	Keine C2X Funktionen	Hoch	Ja
IPv6	Ja (mob.IP)	Es muss IPv4 verwendet werden	Mittel	Nein
verbesserte Ortung	Ja	Es gibt nur Standard Positionierung	Hoch	Nein
Remote Update	Ja	Updates müssen per Hand und USB gemacht werden	Mittel	Nein
IRS/IVS CCU HW	Ja	Keine IRS/IVS -> keine Funktionen	Hoch	Ja
IVS AU HW	Nein	Keine IVS -> keine Funktionen	Mittel	Ja
IRS AU HW	Nein	Keine IRS -> keine IRS Funktionen	Mittel	Nein
Security	Ja	Offene Kommunikation	Hoch	Nein
Flottenverwaltung	Nein	Verwaltung per Excel oder per Hand	Mittel	Nein
Leitstand	Ja	Versuche im „Blindflug“	Hoch	Nein***
Messdatenannahme	Ja	Keine Messdaten	Hoch	Ja
Livedatenannahme/Monitor	Ja	Versuche im „Blindflug“	Hoch	Nein***
Logging (zentral)	Ja	Keine Messdaten	Hoch	Ja
IRS Management	Ja	IRS Management muss per Hand erfolgen	Hoch	Nein
Testablaufsteuerung	Ja	Planung per Hand	Hoch	Nein
VMZ Adapter	Ja	Keine Mobilitäts Fkt. mit Nutzung der Zentralen	Hoch	Nein

\* ist dem Versuch nachgelagert, es kann also einen 2. Anlauf geben die Daten auszuwerten

\*\* technische Bewertung, allerdings wird ein zentrales Ziel von sim<sup>TD</sup> nicht erreicht, die Funktionalität können teilweise über CWLAN und UMTS abgebildet werden

\*\*\* die Testfahrer und die „offline“ Auswertung müssen mehr Verantwortung übernehmen

Weiterhin gibt es drei Doppelfehler, die zu einem Projektabbruch führen:

1. wenn sowohl der Leitstand als auch die Auswertung ausfallen, müsste der Feldversuch ohne jede Kontrolle durchgeführt werden und würde zu einer reinen, unkontrollierten Datensammlung werden
2. wenn die Livedaten/Monitor Komponente und die Auswertung ausfallen, müsste der Feldversuch ohne jede Kontrolle durchgeführt werden und würde zu einer reinen, unkontrollierten Datensammlung werden
3. wenn sowohl das 11p MAC als auch das CWLAN MAC ausfallen, wäre keine lokale Kommunikation mehr möglich wodurch der Feldversuch wesentliche Ziele verfehlen würde.

Es ergeben sich vier Kategorien von kritischen Komponenten:

1. HMI
2. C2X Kommunikations-Kernfunktionen (Antenne, CCU, SIM-NET, Umfeldtabelle)
3. Messdatenerfassung (Logging, Messdatenannahme)
4. Funktionslaufzeitumgebung (AU, Funktionsframework)

Diese vier Kategorien stellen die tragenden Säulen der sim<sup>TD</sup> Architektur dar und müssen zur Erreichung von MS6 „Gesamtsystem funktioniert im Testgelände“ im Projektmonat 33 ihre Funktionsfähigkeit unter Beweis gestellt haben. Ungeachtet dieser Klassifikation ist es natürlich anzustreben, jede sim<sup>TD</sup> Komponente fehlerfrei fertig zu stellen und dies auch durch technische Tests zu zeigen, da es in sim<sup>TD</sup> keine überflüssigen Komponenten gibt.

Die Validierung der identifizierten Säulen werden zentral durch die AP33 Leitung überwacht und vorangetrieben, die Validierung der anderen Komponenten wird durch die Komponentenentwickler und andere interessierte Partner durchgeführt und dokumentiert. Für alle Komponenten ist bis zum MS6 ein Mindesttest durchzuführen der den Status der Komponente prinzipiell aufzeigt. Die Ergebnisse dieser Mindesttest sind durch die Komponentenverantwortlichen zu dokumentieren und als Anhang zum MS6 Dokument bereitzustellen. Komponenten die zu den kritischen Doppelfehlern betragen könnten, müssen durch Testergebnisse zeigen und dokumentieren, dass die Doppelfehler nicht auftreten. Die Durchführung der dazu notwendigen Tests ist von der AP33 Leitung sicherzustellen. Für die zentral zu testenden tragenden Säulen wird ein Test- und Abnahmeplan durch die AP33 Leitung erstellt. Die Dokumentation der Testresultate ist das Kernelement des MS6 Dokumentes. Nach passieren des MS6 müssen alle Komponenten im Zuge der Funktionsoptimierung, welche gleichzeitig zur Flottenausrüstung stattfindet, intensiv getestet und optimiert werden. Hierfür werden wieder die Komponentenverantwortlichen verantwortlich sein. Der erreichte Funktionsstand aller Funktionen und Komponenten muss am Ende der Optimierungszeit der TP4 Leitung und dem Managementteam des gemeinsamen Unterauftrages in AP42 dargestellt werden. (Über die Zulassung der Komponenten und Funktionen zum Feldtest entscheidet abschließend die TP4 Leitung.) Die Zulassung wird davon abhängig zu machen sein ob die entsprechenden Komponenten für die Versuchsdurchführung schädlich sind oder nicht. Z.B. dürfen Versuche, die mit einem Teil der Komponenten durchgeführt werden können, nicht durch instabile Systembestandteile beeinträchtigt werden.

## 5 Diagnosetools

Neben den Tests, die für die Inbetriebnahme, Evaluierung und Optimierung der sim<sup>TD</sup> Komponenten und den Versuchen, die zur Gewinnung der Projektergebnisse dienen sollen und die in den Kapiteln 2 und 3 beschrieben werden, gibt es noch eine Reihe von technischen Tests, die in erster Linie Diagnosezwecken dienen. Diese Tests runden die Spezifikationen der technischen Tests ab. Sie sind nicht für die Gewinnung von Aussagen gedacht, sondern sollen die Durchführung des Versuches unterstützen.

Um die während des Feldtests auftretenden Besonderheiten genauer analysieren zu können und um eventuelle Fehler in Hard- und Software leichter zu finden, werden in verschiedenen Komponenten Diagnosewerkzeuge eingebaut. Diese Diagnosewerkzeuge sollen besonders für die Laufzeit des Feldversuches mit den entsprechenden Teams zur Verfügung stehen. Die Werkzeuge sind besonders für die nach dem Versuchsstart nur noch schwierig zu erreichenden Komponenten IRS und IVS vorgesehen – sie werden im folgenden beschrieben:

### 5.1 IRS-AU

Bei der Integration der IRS-Hardware ergibt sich folgende Problematik: Beauftragte Techniker, die die Hardware im Feld aufbauen, haben keine Möglichkeit zu überprüfen, ob die IRS prinzipiell funktioniert. Ist eine IRS fehlerhaft oder liegt ein Installationsfehler vor, fällt dies erst zu einem späteren Zeitpunkt auf, was zu zusätzlichen Kosten führt. Die Auswertung der Versuchsdaten reichen zur Fehlererkennung nicht aus. Auch Fahrer im Versuchsfeld können später nicht erkennen ob eine IRS fehlerfrei läuft.

Die Bereitstellung eines Diagnosetools zur Überprüfung einer festen oder mobilen IRS hat den Anspruch vor Ort eine schnelle und erste Aussage über den korrekten Betrieb zu treffen. D.h. das mit Hilfe des Diagnosetools eine Überprüfung der korrekten Installation auch ohne technisches Hintergrundwissen über die IRS möglich ist.

#### 5.1.1 Anwendung

Der Techniker vor Ort testet nach der Installation die grundlegenden Funktionen der IRS. Dazu führt er das Diagnosetool auf seinem Laptop aus. Durch eine einfache Darstellung der Testergebnisse kann die geleistete Arbeit schnell überprüft werden. Dieses Tool dient nicht der detaillierten Fehlersuche, sondern soll auf abstrakter Ebene den richtigen Aufbau der Hardware validieren.

#### 5.1.2 Validierungsziele

Das Diagnosetool hat die Aufgabe alle wichtigen Kommunikationsschnittstellen bzw. -komponenten der IRS-AU zu testen. Hierzu gehören:

- Testen der Kommunikationsschnittstelle in Richtung IRS-Management und dem Applicationserver
  - per LAN
  - über UMTS
- Überprüfung der Luftschnittstelle mit Hilfe der Empfangsfeldstärke

Als Nebeneffekt der vorher genannten Validierungsziele ergeben sich weitere Tests von Teilkomponenten deren Grundfunktionalität im Testfall involviert sind:

- IRS FunctionFramework und seine Schnittstellen
- Teilkomponenten des IRS-Managements
- IRS CommunicationManager

### 5.1.3 Testszenarien

Bei der schrittweisen Prüfung der einzelnen Validierungsziele bieten sich folgende Testszenarien an, die im Zuge der Implementierung des Diagnosetools zu einem einzigen Testszenario zusammengefasst werden.

- Prüfung der Verbindung zum IRS-Management
- Nachrichtenversand über der Luftschnittstelle
- Feldstärketest im Empfangsbereich der IRS

### 5.1.4 Konzept

Die Nutzung des Diagnosetools beinhaltet mehrere Komponenten die zum Ablauf der Tests notwendig sind. Auf Seiten des Benutzers gehört hierzu ein Diagnoselaptop mit angeschlossener CCU. Auf diesem Laptop ist eine Roadside AU und als Frontend das Diagnosetool installiert.

Auf der IRS läuft ein spezielles Diagnosebundle das Teil des IRS-Fehlermanagements ist. Dieses ermittelt mit Hilfe interner Testprozeduren ob die in den Validierungszielen definierten Kommunikationsschnittstellen verfügbar sind. Hierzu wird ein Testbericht in Form einer anwendungsspezifischen Nachricht (Nachrichtentyp 1 gem. D21.4) erstellt und dann von der IRS via ETSI IST G5 und IEEE802.11b/g versendet.

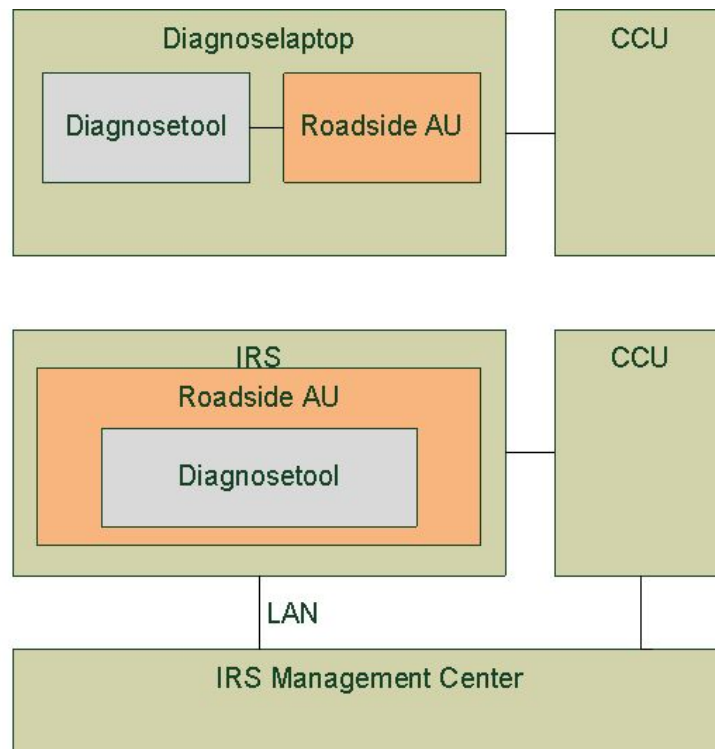


Abbildung 7: Zusammenspiel der Diagnosetools

Das Diagnosetool auf dem Laptop empfängt diese Nachricht über die angeschlossene CCU und erhält somit den Diagnosebericht der auf der IRS-AU durchgeführten Tests. Darüber hinaus wird über das Logging die Empfangsfeldstärke an der CCU ermittelt.

Aus den nun gesammelten Daten werden dem Benutzer folgender Informationen angezeigt:

- Luftschnittstelle ok/nicht ok (inkl. Angaben der Empfangsfeldstärke)
- LAN-Verbindung zum Management ok/nicht ok
- UMTS-Verbindung zum Management ok/nicht ok

Zusätzlich zu den einzelnen Testergebnissen wird es eine zusammengefasste Anzeige für das Testergebnis in Darstellung einer grün/rot Leuchte geben.

## 5.2 V-AU

### 5.2.1 Überblick

Zur Diagnose der VAU stehen verschiedene Mittel zur Verfügung. Zum einen kann das System lokal im Fahrzeug diagnostiziert werden. Dazu stellt das System eine Schnittstelle zur Verfügung, über die alle Fehlermeldungen der Systemkomponenten und Funktionen zugänglich gemacht werden, vom HMI abgerufen und über einen "Debug Screen" angezeigt werden können. Daneben ist lokal natürlich ein Zugriff auf die Log-Dateien des OSGi Frameworks möglich, in denen die Systemkomponenten und Funktionen wichtige Vorgänge protokollieren. Kritische Systemzustände und daraufhin erfolgende Eingriffe zur Stabilisierung des Systems werden darin vom System Manager protokolliert.

Zum anderen ist eine Ferndiagnose von der Central Station aus möglich. Dort können mit Hilfe des mPRM über eine grafische Oberfläche alle relevanten Zustände des OSGi Frameworks visualisiert werden. Es können außerdem manuell Komponenten gestoppt und ausgetauscht werden und die Log-Dateien können ebenfalls eingesehen werden.

Vor dem Betrieb in den Feldversuchen stehen im Rahmen der Integration der VAU weitere Tools zur Verfügung, mit denen die Korrektheit und der angemessene Umgang mit den Systemressourcen durch alle Komponenten vorab geprüft werden kann. Zu den Prüfungen bei der Integration gehören Laufzeit-Diagnoseverfahren, die die CPU-Nutzung durch die einzelnen Bundles sowie Speicherprobleme ("Memory leaks") auswerten. Bundles, deren CPU-Beanspruchung wesentlich über das vereinbarte Maß hinaus geht oder die monoton wachsend Speicher belegen, werden bereits bei der Integration zurückgewiesen.

Um den korrekten Betrieb der Systemkomponenten und Funktionen nachvollziehbar zu machen, gehört zu jeder Softwarelieferung außerdem ein Testbundle, das die gelieferten Komponenten benutzt und auf korrektes Verhalten prüft. Damit verifiziert jeder Komponenten- oder Funktionsverantwortliche, dass die gelieferten Bundles einzeln funktionsfähig sind. Bei der Systemintegration wird derselbe Test beim Zusammenwirken aller Komponenten vollzogen. Zu späteren Diagnosezwecken können für eine detaillierte Problemanalyse diese Testbundles ebenfalls wieder herangezogen werden.

## 5.2.2 Lokale Diagnose

Die lokale Diagnose besteht aus zwei Verfahren, die vom System unterstützt und von jedem einzelnen Bundle maßgeblich umgesetzt werden.

Erstens verwenden alle Bundles den OSGi Log Service, um wichtige Vorgänge und Fehler zu protokollieren. Es werden unterschiedliche Informationen mit verschiedenen Log Levels protokolliert, so dass bei der Fehlersuche der Umfang der angezeigten Diagnoseinformationen geregelt werden kann. Im Entwicklungshandbuch für AP22 ist beschrieben, welche Log Levels für welche Informationen verwendet werden sollen.

Den geringsten Log Level haben dabei kritische Fehler wie Exceptions und benötigte, aber nicht vorhandene Services. Bei höheren Log Levels können auch Details wie der Aufruf einer internen, umfangreichen Berechnungsroutine protokolliert werden. Bei Verwendung des Log Service liegt es im Ermessen des Entwicklers, welche Informationen später bei der Fehlersuche helfen können.

Die Log-Dateien, die vom OSGi Log Service erzeugt werden, sind lokal natürlich einsehbar. Dafür ist keine grafische Oberfläche vorgesehen, sondern es wird die OSGi Konsole verwendet. Diese kann z.B. auf einem separaten Notebook laufen, das über Ethernet angebunden ist. Daneben ist ein Fernzugriff auf die Log-Dateien mittels des mPRM möglich, der zur Central Station gehört. Der mPRM verfügt über eine grafische Benutzeroberfläche.

Außerdem ist in Planung, innerhalb der Bundles wichtige Initialisierungsschritte und Betriebszustände zu überprüfen und fehlerhafte Zustände als Fehlermeldungen in Form von Strings vorzuhalten. Der Umfang der Unterstützung durch alle Komponenten ist noch offen. Bei Bedarf, d.h. wenn im HMI ein entsprechender Debug Screen aufgerufen wird und das HMI die vorhandenen Fehlermeldungen beim System Manager abfragt, ruft dieser in allen Funktionen und Systemkomponenten die Methode

```
Map<String, String> systemDiagnose() des Interface SystemListener
```

auf, die die gesammelten Fehlermeldungen und wichtige Zustände der Komponente in Form von Wertepaaren zurückgeben soll. Der Entwickler der Komponente entscheidet hierbei



selbst, welche Informationen geeignet sind, um später Fehler auffinden zu können. Ein Beispiel ist:

```
system state = calculating route
navi kernel state = started
last error message = position not available
current pos lat = 50.3452
current pos long = 09.3246
vapi speed = 55
```

### 5.2.3 Ferndiagnose und -wartung

Zum Fernzugriff auf die VAU in allen Fahrzeugen dient der mPRM, der in der Central Station betrieben wird. Dieser ist im Entwicklungshandbuch zu AP 22 näher beschrieben. Er ermöglicht es, über eine grafische Benutzeroberfläche alle relevanten Betriebszustände des OSGi Frameworks einzusehen und zu verändern sowie Bundles auszutauschen. Auch die Logdateien des OSGi Log Service können damit eingesehen werden.

Für die Ferndiagnose ist es dabei nützlich, nachzuvollziehen, welche Bundles in den einzelnen Fahrzeugen aktiv sind und wie die Bundles aufeinander zugreifen. Weiterhin kann man testweise einzelne Bundles neu starten oder außer Betrieb nehmen. Um lokal Auswertungen vorzunehmen, kann man zusätzliche oder veränderte Bundles manuell in einem Fahrzeug per Fernzugriff installieren.

## 5.3 CCU

### Möglichkeiten der Selbstdiagnose in der CCU

Auf dem Sirius-Board des A5-Musters bzw. dem WUGU-Board des A1-Musters befindet sich ein AVR CAN128 Prozessor, der über seine UART1-Schnittstelle und einen 1:4-Multiplexer, über ADCs und über I/O-Pins mit den Komponenten verbunden wie im Blockschaltbild aufgezeigt.

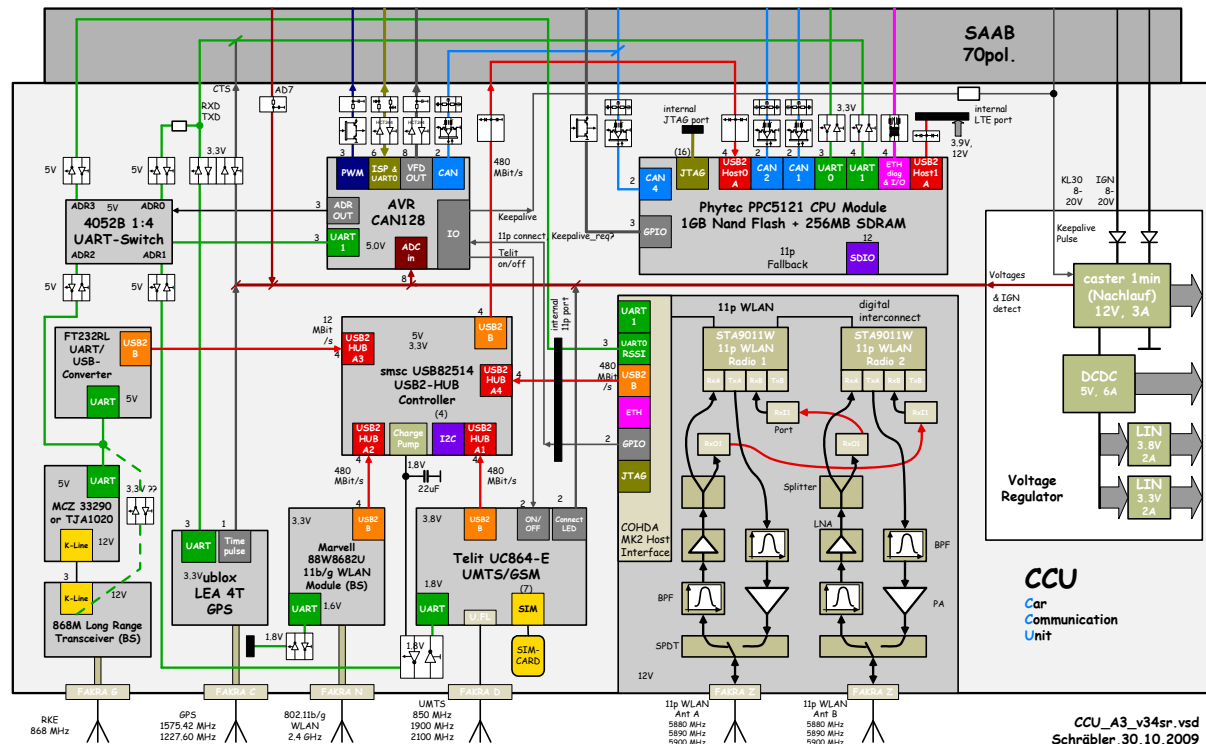


Abbildung 8: Blockschaltbild der CCU

Durch einen Drehschalter mit Spannungsteiler kann eine Reihe von Tests ausgewählt werden, deren Ergebnisse auf einem Display, über UART oder über CAN ausgegeben werden. Jeder dieser Test wird über ein Reset am AVR, bzw. ein Power-Up ausgelöst. Entscheidend für die Auswahl ist der Pegel an AD7 kurz nach dem Einschalten oder Reset.

Ist an AD7 nichts angeschlossen, wird der Eingang mittels Pull-Down auf 0V gehalten und die Tests sind deaktiviert. Dies ist notwendig, da einige der Tests mit dem normalen Betrieb interferieren, insbesondere gilt dies für das UMTS-Modul, das mit aufgebauter Verbindung nicht zwecks Abfrage eines Netzwerkstatus in den Zustand vor aufgebauter Verbindung versetzt werden darf.

### Die Tests im Einzelnen:

### \* Korrekte Spannungsversorgung und Abfragen der Status-LEDs via ADC

Die Spannungen dürfen eine vorgegebene relative Fehlerschranke um den Nennwert nicht überschreiten. Für die Status-LEDs ist zusätzlich die Blinkfrequenz interessant

AD0: +5V 868M, AVR

AD1: IGN detect

AD2: +3.9V fuer UMTS

AD3: +3.3V GPS/WLAN

AD4: +1.8V vom HUB

AD5: UMTS Status-LED // schnell blinkend: Netz gefunden, langsam blinkend: Verbindung

AD6: GPS Status-LED // Blinken mit 1Hz-Takt bedeutet eine gültige Position (3d-Fix)

AD7: externer Drehschalter

#### **\* Ansprechen der Front-LEDs (erfordert visuelle Kontrolle)**

Die erste LED ist fest mit der 5V-Versorgung verbunden, die restlichen drei können von der Software im PPC via CAN ferngesteuert werden (siehe D22.1).

Mögliche (sinnvolle) Bedeutungen für diese Leuchtdioden sind GPS-Timepulse, Ethernet-Kommunikation und USB-Kommunikation. Während der Entwicklungsphase sind aber auch eine Anzahl weiterer Bedeutungen möglich. Insbesondere existiert der Wunsch nach einer Fehler-LED. Blinkzeichen könnten Aufschluss über die Art des Fehlers geben. (noch nicht realisiert)

#### **\* Ansprechen des GPS-Moduls**

folgende Funktionen stehen zur Verfügung

`disp_gps_gppga();` // \$GPGLA-Nachricht darstellen und auswerten, darunter die Anzahl der Satelliten diese kann als Qualität des Antennensignals interpretiert werden

#### **\* Ansprechen des UMTS-Moduls**

`disp_ums_cpini();` // Fragt Vorhandensein und Freigabe der SIM-Karte im UMTS-Modul ab

`disp_ums_cops();` // Fragt ausgewählten Netzbetreiber vom UMTS-Modul ab

`disp_ums_moni();` // Fragt Quick Network Status vom UMTS-Modul ab

Darin enthalten ist auch der Pegel des leeren Kanals als RSSI-Wert

dieser kann als Qualität des Antennensignals interpretiert werden

#### **Weitere Tests,**

hinzukommen Tests der CAN-Kommunikation mit dem PPC-Prozessor, Soft-Off-Funktion (Nachlauf), PWM-Ausgänge der externe Eingänge und des 11p-Moduls (Antennentest wieder via RSSI). Der genaue Testablauf wird festgelegt wenn hierfür die entsprechende Hardware vorhanden ist.

Alle Ergebnisse können als Text auf ein extern anschließbares Display bzw. UART ausgegeben werden hierzu wird es ein spezielles Diagnose Geräte geben (CEBRA = CCU Eval and Betatest Related Armature). Zusätzlich soll die Information über die einzelnen Module in einem Statusregister zusammengefasst werden (go/no go) und an den PPC über CAN weitergegeben werden. Die Schwellwerte für die Akzeptanz eines Tests können nach der Systeminbetriebnahme festgelegt werden.

#### **Monitoring Tests**

Neben den beschriebenen Tests die beim Start der CCU durchgeführt werden, wird es auch permanent mitlaufende Tests auf der CCU geben, die eine Überwachung des Systemsstatus erlauben. Diese Tests werden die korrekte Konfiguration, den Rechenleistungsbedarf, die Verfügbarkeit von Basisdiensten wie Zeitsynchronisation, Positionierung, drahtlosen Kommunikationsmitteln und Verbindungen zu Fahrzeug und AU. Dieser Systemstatus kann

an das Logging- und an das Monitoring System weitergegeben werden und wird eine einfache Zustandsanalyse aller CCU in der VsZ erlauben.

## 6 Resultate

Auf der Basis der Funktions- und Komponentenspezifikationen in AP11 bzw. TP2 sowie der Spezifikation von Validierungs-, Charakterisierungs- und Optimierungszielen in AP12 hat AP13 mit dem Deliverable D13.2 nunmehr Test- und Versuchsfälle für sim<sup>TD</sup> spezifiziert.

Diese Test- und Versuchsfälle umfassen im Detail

- technische Test- und Versuchsfälle für das Gesamtsystem,
- technische Test- und Versuchsfälle für die sim<sup>TD</sup> Funktionen und
- nicht-technische Versuchsfälle für die Anwendungsfälle der sim<sup>TD</sup> Funktionen.

Mit D13.2 ist eine wichtige Grundlage für die weitere konkrete Ausgestaltung der Tests, Versuche und Simulationen in TP3 und TP4 geschaffen. Zu dieser konkreten Ausgestaltung gehört neben der jeweiligen Planungsphase natürlich die eigentliche Durchführung der Tests, Versuche und Simulationen und die anschließende detaillierte Auswertung.

Hintergrund bei der Spezifikation der Test- und Versuchsfälle bildete immer die forschungsleitende Hypothese von sim<sup>TD</sup>, um mit zielgerichteten Tests, Versuchen und Simulationen eine abschließende Bewertung aller Ergebnisse in TP5 zu ermöglichen und somit Schlussfolgerungen aus dem Testfeld Deutschland zu zulassen.

Mit Deliverable D13.2 werden insgesamt ca. 240 technische und nicht-technische Test- und Versuchsfälle spezifiziert:

Tabelle 102: Übersicht über Anzahl der Test- und Versuchsfälle

Art der Test- und Versuchsfälle	Anzahl
Technische Test- und Versuchsfälle – Gesamtsystem	Ca. 40
Technische Test- und Versuchsfälle – Funktionen	Ca. 100
Nicht-technische Versuchsfälle – Anwendungsfälle der Funktionen	Ca. 100
<b>Summe</b>	<b>Ca. 240</b>

Diese Test- und Versuchsfälle zeichnen sich häufig durch diverse Testkonfigurationen und Variationen aus, um zum Beispiel die Wirkung verschiedener Anwendungsfälle bei unterschiedlichen Ausstattungsraten mit IVS und/oder IRS zu ermitteln. Durch diese Testkonfigurationen und Variationen resultiert eine deutlich höhere Zahl (grobe Schätzung: etwa 1.000 technische und 1.100 nicht-technische, also insgesamt etwa 2.100 Variationen) an tatsächlich zu planenden, auszuführenden und auszuwertenden Tests und insbesondere Versuchen.

### Schlussfolgerung

Mit Deliverable D13.2 wird ein wichtiger Baustein für die weiteren sim<sup>TD</sup> Arbeiten insbesondere in den Teilprojekten TP3 und TP4 geliefert. Da die vorliegende Spezifikation aus einem generalistischen Ansatz heraus erfolgen musste, konnte zunächst keine Selektion der Test- und Versuchsfälle hinsichtlich ihrer weiteren Verwendung in TP3 und/oder TP4 erfolgen. Eine solche Zuordnung hat das AP13 während der Finalisierungsphase des vorliegenden Deliverables im Rahmen der TP-übergreifenden Testaktivitäten vorgenommen [8]. Diese Zuordnung stellt einen Vorschlag für das Projekt dar, den es bei Bedarf im Zuge der weiteren Arbeiten durch TP3 und TP4 zu verfeinern gilt.

Die oben erwähnte hohe Anzahl an Test- und Versuchsfällen bedingt einerseits eine überaus ambitionierte Planung. Dabei wird dringend empfohlen, die Möglichkeit der Zusammenführung von technischen und nicht-technischen Versuchen zu untersuchen. Durch geeignete Zusammenlegungen kann eventuell eine signifikante Einsparung an Ressourcen erzielt werden. Bedacht werden sollten bei der weiteren Planung auch Überlappungen von Test- und Versuchsfällen, die sich durch Mehrfachausführung bestimmter Variationen beginnend in einem (möglichst) frühen Stadium in TP3 bis hin zur Phase des Feldversuchs in TP4 ergeben. Weiterhin sollte die Notwendigkeit von administrativen und organisatorischen Zeiten eingeplant werden, in denen produktive Tests und Versuche nicht oder nur eingeschränkt durchgeführt werden können.

Andererseits sollte aus AP13-Sicht im Rahmen der weiteren Test- und Versuchsplanung über eine Schwerpunktsetzung nachgedacht werden. Das AP13 hat eine Schwerpunktsetzung auf vielfältige Weise bereits vorbereitet. Es wurden dazu die folgenden Maßnahmen ergriffen:

1. Priorisierung aller Test- und Versuchsfälle
2. Abdeckung mehrerer Validierungs-/Optimierungs-/Charakterisierungsziele durch einen einzigen Test-/Versuchsfall wo immer möglich (siehe Kap. 2.2.1)
3. Einführung von Variationen eines technischen Testfalls anstelle separater Test- und Versuchsfälle
4. Zusammenfassung von Kommunikationsversuchen (siehe Kap. 2.1.3 Einleitung)
5. Die AP13 Qualitätssicherung hat überprüft, inwieweit sich Testfälle für funktionsübergreifend formulierte Validierungsziele mit den Testfällen zu funktionspezifischen Validierungszielen integrieren lassen (siehe Kap. 2.2.3)
6. Erste Prüfung der Zusammenfassung technischer und nicht-technischer Test- und Versuchsfälle durch die beiden technischen und nicht-technischen AP13-Teams

Zur Definition von Schwerpunkten sollte ebenso überlegt werden, welche Tests, Versuche und Simulationen einen signifikanten Erkenntnisgewinn im sim<sup>TD</sup> Kontext liefern und welche einen möglicherweise eher marginalen Wissenszuwachs beisteuern. Aus einer daraus abgeleiteten Priorisierung und Selektion der Tests, Versuche und Simulationen sollte dann die Detailplanung heraus erfolgen.

## Literaturverzeichnis

- [1] sim<sup>TD</sup> Vorhabensbeschreibung „sim<sup>TD</sup> Vorhabensbeschreibung v4.2-090115.doc“
- [2] Deliverable D12.2 „Validierungsziele, Metriken und Methoden“
- [3] Deliverable D11.3 „Funktionsspezifikation“
- [4] Working Document W24.3 „Plan des Prüfstandes“
- [5] Ausfüllanleitung technisches Test- und Versuchsfall-Template „AP13 Ausfüllanleitung\_V1.2.doc“
- [6] Deliverable D32.1 „Testgelände ist aufgebaut“
- [7] Deliverable D5.1 „Anforderungen an den Feldtest“
- [8] Tabelle „simTD AP13 Zuordnung techn Tests und Versuche zu TP.xls“

### **Literaturangaben in Kapitel 3**

Bortz, J. & Döring, N. (2006). *Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler* (4. Aufl.). Berlin: Springer.

Sarris, V. (1990). *Methodologische Grundlagen der Experimentalpsychologie 1: Erkenntnisgewinnung und Methodik*. München: Reinhardt.

Sarris, V. & Reiß, S. (2005). *Kurzer Leitfaden der Experimentalpsychologie*. München: Pearson-Studium.

Stutts, J., Feaganes, J., Rodgman, E., Hamlett, C., Meadows, T. & Reinfurt, D. (2003), *Distractions in Everyday Driving*. AAA Foundation for Traffic Safety in Washington, The University of North Carolina Highway Safety Research Center, Washington, DC, Final Report.



## Abkürzungen

Tabelle 103: Abkürzungen

Abkürzung	Bedeutung
ADC	
AU	Application Unit
BAB	Bundesautobahn
BLER	Block Error Rate
C2X	Car to Car bzw. Car to Infrastructure
CAM	Computer aided mapping (?)
CCU	Car Communication Unit
CINR	
CL	Channel load
CQI	
DEN	
DENM	
EDF	Empirical distribution function
EDGE	Enhanced Data Rates for GSM Evolution
EGO	
FET	Funktionsentwicklungsteam
GPGGA-Nachricht	
GPRS	General Packet Radio Service
GPS	Global positioning system
GSM	Global System for Mobile Communications
HMI	Human Machine Interface
HSDPA	High Speed Downlink Packet Access
HSPA	High Speed Packet Access
ICS	ITS Central Station
IP	Internet protocol
IRS	ITS Roadside Station
IVS	ITS Vehicle Stations
MAC	Media Access Control
MCS	
MHPER	
mPRM	
OSGI	Open Service Gateway initiative
PER	Packet error rate
RSSI	
RSU	Roadside Unit
SIM	
SIM-Net	
SNR	Signal-to-noise ratio
SQL	
tVZ	technische Validierungsziele
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
VAR	
V-AU	Vehicle Application Unit
VZ	Validierungsziele
WLAN	cWLAN, pWLAN, Wireless local area network

## Synonyme bezüglich der Flotten

Bei den technischen und den nicht-technischen Test- und Versuchsfällen werden zur Kennzeichnung der Test- bzw. Versuchsumgebungen und Fahrzeugflotten unterschiedliche Begriffe verwendet, bei denen es sich um Synonyme handelt. Die folgende Tabelle zeigt diese Synonyme auf.

Tabelle 104: Synonyme bezüglich der Flotten

<b>Test- bzw. Versuchsumgebung</b>	<b>Technische Test- und Versuchsfälle</b>	<b>Nicht-technische Versuchsfälle</b>
Testgelände	Testgelände	Testgelände (interne Flotte)
Versuchsgebiet	Freie Flotte	Externe Flotte
	Kontrollierte Flotte: naïve Fahrer	Interne Flotte: Naive Fahrer
	Kontrollierte Flotte: Expertenfahrer	Interne Flotte: Expertenfahrer

## Glossar

Generell wird auf das sim<sup>TD</sup> Glossar verwiesen.

Nachfolgend sind die Erklärungen einiger in D13.2 verwendeten Begriffe aufgelistet.

Validierungsziel: Nachweis der Erfüllung der Anforderungen von den sim<sup>TD</sup> Funktionen an die Systemkomponenten.

Charakterisierungsziel: Ermittlung technischer Leistungsparameter für Systemkomponenten, speziell der Kommunikationsteilsysteme.

Optimierungsziel: Optimierung der Systemkomponenten gemäß definierter Ziele und Kriterien durch Variation identifizierter Parameter.