

## Deliverable D12.2

# Validierungs- und Optimierungsziele, Metriken und Methoden

Version	1.0
Verbreitung	Öffentlich
Projektkoordination	Daimler AG
Versionsdatum	09.12.2009



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 Ford Forschungszentrum Aachen GmbH

Beiträge wurden verfasst von

Silja Assenmacher, TU München

Robert Braun, TU München

Gregor Gärtner, Volkswagen

Jürgen Großmann, Fraunhofer FOKUS

Thomas Hecker, TU Berlin

Wolfgang Kreher, Deutsche Telekom

Andreas Kreutzer, Ford Forschungszentrum Aachen

Dominik Mühlbacher, IZVW

Julia Müller, TU München

Jürgen Müller, Deutsche Telekom

Carsten Neumann, Fraunhofer FOKUS

Christian Ress, Ford Forschungszentrum Aachen

Gunther Schaaf, Bosch

Jan Peter Stotz, Fraunhofer SIT

Ingo Totzke, IZVW

Markus Trauberg, ICT

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

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.....	2
1 Technische Validierungsziele, Metriken und Methoden .....	3
1.1 Vorgehen zur Ermittlung der Validierungsziele, Metriken und Methoden.....	3
1.1.1 Identifikation allgemeiner Qualitätskriterien.....	3
1.1.2 Abgleich mit der Vorhabensbeschreibung und den Kriterien zur Bewertung des Feldversuches.....	4
1.1.3 Identifikation von Stakeholdern, Experten, anwendungsspezifischen Risiken und Problemfeldern .....	5
1.1.4 Priorisierung der Qualitätseigenschaften nach Kategorien.....	5
1.1.5 Identifikation der zu bewertenden Objekte und Spezifikation der Validierungsziele .....	6
1.1.6 Ermittlung der Metriken und Methoden.....	10
1.2 Die Spezifikationstabellen .....	12
1.3 Technische Validierungsziele, Metriken und Methoden des Gesamtsystems.....	15
1.3.1 Validierung der IT-Sicherheit .....	15
1.3.2 Ausstattungsraten.....	16
1.3.2.1 Ausstattung IRS.....	17
1.3.2.2 Ausstattung IVS.....	17
1.3.3 Validierung der Kommunikation.....	17
1.4 Technische Validierungsziele, Metriken und Methoden der Funktionen .....	17
1.4.1 Funktionsübergreifend formulierbare Validierungs-, Charakterisierungs- und Optimierungsziele, Metriken und Methoden .....	18
1.4.2 Funktionsspezifische Validierungsziele .....	19
1.5 Technische Validierungsziele, Metriken und Methoden der Komponenten.....	20
2 Nicht-technische Validierungsziele – Funktionen .....	21
2.1 Beschreibung der nicht-technischen Fragestellungen.....	21
2.2 Vorgehen .....	23
2.3 Kurzbeschreibung der nicht-technischen Validierungsziele .....	25
2.3.1 Nutzerakzeptanz.....	25
2.3.2 Fahreffizienz .....	25
2.3.3 Verkehrseffizienz .....	26
2.3.4 Fahrsicherheit.....	27
2.3.5 Verkehrssicherheit.....	27
2.3.6 Benutzbarkeit.....	28
2.4 Überblick über alle nicht-technischen Validierungsziele der sim <sup>TD</sup> -Funktionen .....	29

2.5	Fazit zu den nicht-technischen Validierungszielen .....	33
2.6	Zuordnung von Validierungsmetriken und -methoden.....	34
3	Resultate .....	40
	Anhang 1: Priorisierungsmatrix .....	41
	Literatur .....	43
	Abkürzungen .....	44
	Glossar .....	45

## Abbildungen

Abbildung 1.1: Prüfung und Validierung eines Systems im Entwicklungsprozess (V-Modell [1]) .....	7
Abbildung 1.2: Qualitätsmodell als Grundlage für die Validierung und Optimierung.....	11
Abbildung 1.3: Qualitätskategorien und Metrik am Beispiel des Verkehrszeichenassistenten .....	12
Abbildung 1.4: Illustration der Spezifikationstabellen für tVZ .....	13
Abbildung 1.5: Darstellung mehrerer Kenngrößen zu einem Ziel .....	14
Abbildung 1.6: Darstellung der Attribute eines Ziels in der Exceltabelle (vgl. Anhang 1).....	14
Abbildung 1.7: Darstellung der Methoden und Kenngrößen in der Exceltabelle (vgl. Anlage 1) .....	14
Abbildung 1.8: Spezifikation der Validierungs- bzw. Optimierungsziele der IT-Sicherheit sowie deren Kenngrößen und Methoden .....	16
Abbildung 1.9: Spezifikation der funktionsübergreifend formulierbaren Validierungs- bzw. Optimierungsziele, der Kenngrößen und Methoden.....	18
Abbildung 1.10: Spezifikation funktionspezifischen Validierungs- bzw. Optimierungsziele, der Kenngrößen und Methoden .....	19
Abbildung 2.1: Erläuterung des Unterschieds zwischen Fahr- und Verkehrseffizienz bzw. Fahr- und Verkehrssicherheit am <i>fiktiven</i> Beispiel (die Zahlen könnten beispielsweise die jeweilige mittlere Reisezeit oder die jeweilige maximale Geschwindigkeit sein).....	23

## Tabellen

Tabelle 1.1: Template zur Prüfung und Validierung eines Systems im Entwicklungsprozess (V-Modell).....	6
Tabelle 1.2: tVZ – Übersicht der betrachteten Systemkomponenten.....	20
Tabelle 2.1: Nicht-technische Fragestellungen für sim <sup>TD</sup> -Funktionen bzw. Anwendungsfälle. ....	21
Tabelle 2.2: Übersicht über nicht-technische Validierungsziele „Nutzerakzeptanz“.....	25
Tabelle 2.3: Übersicht über nicht-technische Validierungsziele „Fahreffizienz“.....	26
Tabelle 2.4: Übersicht über nicht-technische Validierungsziele „Verkehrseffizienz“.....	26
Tabelle 2.5: Übersicht über nicht-technische Validierungsziele „Fahrsicherheit“.....	27
Tabelle 2.6: Übersicht über nicht-technische Validierungsziele „Verkehrssicherheit“.....	28
Tabelle 2.7: Übersicht über nicht-technische Validierungsziele „Benutzbarkeit“.....	28
Tabelle 2.8: Übersicht über nicht-technische Validierungsziele „Nutzerakzeptanz“, „Fahreffizienz“, „Verkehrseffizienz“, „Fahrsicherheit“, „Verkehrssicherheit“ und „Benutzbarkeit“ für die jeweiligen sim <sup>TD</sup> -Funktionen.....	30
Tabelle 2.9: Übersicht über die nicht-technischen Validierungsziele, -metriken und -methoden. ....	35
Tabelle 3.1: Übersicht über Anzahl der Validierungsziele je Kategorie.....	40
Tabelle 3.2: Qualitätskriterien zur Produktqualität.....	45

## Zusammenfassung

Im Rahmen von Arbeitspaket 12 (AP12 – Validierungsziele, Metriken und Methoden) werden mit dem hier vorgelegten Deliverable D12.2 Validierungs- und Optimierungsziele, Metriken und Methoden definiert. Validierungsziele sind technische, nicht-technische und übergeordnete Ziele, die mit dem Gesamtsystem, seinen Komponenten und Funktionen inkl. deren Anwendungsfällen adressiert werden. Zweck der Validierungsziele ist die Bestimmung der durch Tests und Versuche zu untersuchenden Funktionalitäten des Gesamtsystems und seiner Teilsysteme bzw. Komponenten. Hieraus lässt sich ableiten, ob das sim<sup>TD</sup>-System mit seinen Teilsystemen die in der Vorhabensbeschreibung (VHB) dargestellten Projektziele erreicht hat. Das Deliverable D12.2 wird hierzu in AP13 verwendet, um geeignete Test- und Versuchsfälle anhand der Validierungsziele, Metriken und Methoden zu spezifizieren.

AP12 hat sich in seiner Arbeit schwerpunktmäßig der Definition von Validierungszielen gewidmet. Sofern Optimierungsziele oder Charakterisierungsziele erkennbar waren, sind diese benannt. Einige „Kunden“ von AP12, insbesondere AP24, AP31 und AP41 greifen diese Thematik auf und detaillieren sie, wenn erforderlich, im weiteren Projektverlauf von sim<sup>TD</sup>. Wenn im weiteren Text nur von „Validierungszielen“ geschrieben wird, sind jedoch auch immer synonym „Optimierungsziele“ und „Charakterisierungsziele“ gemeint.

Eingang in die Arbeit in AP12 fanden insbesondere die Funktionsspezifikationen aus AP11, die Konzeptionen und Spezifikationen zur Systemarchitektur und den Komponenten des Gesamtsystems aus TP2 sowie das Deliverable D5.1 „Anforderungskatalog an den Feldtest“ [9] aus AP51. Die

Das Deliverable D12.2 beschreibt in Kapitel 1 die technischen Validierungsziele, -metriken und -methoden. Hier werden sowohl die Aspekte hinsichtlich der Funktionen als auch des Gesamtsystems und der Komponenten sowie der IT-Sicherheit betrachtet. Die Priorisierung der einzelnen Funktionen ist in Anhang 1 dargestellt. Die Anlage 1 „D12.2\_Anlage1\_tVZ\_Metriken\_Methoden.xls“ enthält in Tabellenform alle Detailergebnisse zu den technischen Validierungszielen, Metriken und Methoden. In Kapitel 2 werden die nicht-technischen Validierungsziele, Metriken und Methoden aus Funktionssicht detailliert beschrieben. Kapitel 3 enthält ein Fazit zu den Resultaten. Die in D12.2 verwendeten Abkürzungen sind im Abkürzungsverzeichnis zusammengefasst. Wichtige Begriffe aus D12.2 sind im Glossar am Ende dieses Dokuments erläutert.

## English summary

### **D12.2 Validation and Optimisation Goals, Metrics and Methods**

This document defines the validation and optimisation goals, metrics and methods that have been worked out within the framework of work package AP12 of project sim<sup>TD</sup>. These are technical, non-technical and superordinate targets to be hit by the overall system, its components and functions including their use cases. The validation and optimisation goals build the base for the specification of test procedures for the overall system, its subsystems and components. Finally this allows proving whether sim<sup>TD</sup> successfully met the requirements outlined in the project description (VHB). Therefore work package AP13 will use the deliverable D12.2 in order to specify adequate test cases on the basis of the validation goals, metrics and methods.

Work package AP12 mainly focussed on the definition of validation goals. However, if optimisation goals and goals for characterisation became apparent, these are mentioned in this document as well. Some of the "customers" of work package AP12, such as AP24, AP31 and AP41, will pick these up and work out further during the next phase of project simTD. Please note, if the term „validation goals“ is used in the following chapters, it represents both "validation goals", „optimisation goals“, and "characterisation goals".

The work in AP12 is founded on the functional specifications received from AP11, the concepts and specifications of the architecture and components of the overall system worked out by TP2 as well as on deliverable D5.1 „Requirements catalogue of the field test“ in AP51.

This document D12.2 describes the technical validation goals, metrics and methods in chapter 1. These are derived from the sim<sup>TD</sup> functions, components and the over all system as well as from IT security. A prioritisation of the sim<sup>TD</sup> functions is listed in annex 1. The appended document "D12.2\_Anlage1\_tVZ\_Metriken\_Methoden.xls" contains a detailed description of all technical validation goals metrics and methods using Excel tables.

In chapter 2 the non-technical validation goals, metrics and methods derived from the sim<sup>TD</sup> functions are specified in detail. Finally chapter 3 contains conclusions from the AP12 results. All acronyms used in this deliverable D12.2 are listed in a glossary at the end of this document.



# 1 Technische Validierungsziele, Metriken und Methoden

## 1.1 Vorgehen zur Ermittlung der Validierungsziele, Metriken und Methoden

Die technischen Validierungs-, Charakterisierungs- und Optimierungsziele (tVZ) in sim<sup>TD</sup> sind die Grundlage für eine systematische Validierung und Optimierung der in sim<sup>TD</sup> entworfenen und entwickelten Komponenten, Systeme und Funktionen.

Die Ableitung der Validierungs-, Charakterisierungs- und Optimierungsziele erfolgt entlang der in der ISO/IEC 9126 [1] definierten Qualitätseigenschaften für Software-intensive Systeme. Sie ist geleitet durch die in der sim<sup>TD</sup> Vorhabensbeschreibung definierten Projektziele sowie durch die in Deliverable D5.1 [9] definierten technischen Bewertungskriterien für den Feldversuch.

Grundsätzlich wurden die in AP12 zu verrichtenden Arbeiten zur technischen Validierung und Optimierung des Systems (Aufstellen von Validierungszielen, Metriken und Methoden) nach folgendem schrittweisen Vorgehen angewendet.

1. Identifikation von allgemeinen Qualitätskriterien zur Produktqualität von Softwareprodukten aus Standards (ISO/IEC 9126)
2. Abgleich mit der Vorhabensbeschreibung und den Kriterien zur Bewertung des Feldversuches [9].
3. Identifikation von Stakeholdern, Experten, anwendungsspezifischen Risiken und Problemfeldern
4. Priorisierung der Qualitätskriterien durch Stakeholder/Experten
5. Identifikation der zu bewertenden Objekte und Spezifikation der Validierungsziele
6. Überarbeitung und Ergänzung der Validierungsziele nach Vorgaben der Funktionsentwicklungsteams (FET)
7. Ermittlung der relevanten Kenngrößen, ihrer Attribute und Einheiten
8. Bestimmung der Messverfahren und -methoden

In diesem Dokument werden die Ergebnisse der Schritte eins bis fünf, die in Teilen bereits im Deliverable D12.1 [7] veröffentlicht wurden, überarbeitet und erneut dokumentiert und die Ergebnisse der Schritte sechs bis acht erarbeitet und neu hinzugefügt. Die im D12.1 noch im Prozess geplante Evaluation der Metriken und Methoden anhand der Ergebnisse ist des Feldversuches erst nach Abschluss des Feldversuchs sinnvoll durchführbar und daher nicht im Rahmen des AP12 zu leisten.

### 1.1.1 Identifikation allgemeiner Qualitätskriterien

Die ISO9126 (International Standard ISO/IEC 9126: Software Engineering - Product Quality) definiert wesentliche Begriffe aus dem Bereich Software-Qualität. Insbesondere wird zwischen externer, interner Qualität sowie Nutzungsqualität von Software unterschieden und gleichzeitig deren Zusammenhänge aufgezeigt. Es wird ein Qualitätsmodell mit sechs Kategorien definiert. Das Modell lässt sich zur Messung der Softwarequalität anwenden.

Der gesamte Standard umfasst vier Teile:

- 9126-1: Quality model [1]
- 9126-2: External metrics [2]
- 9126-3: Internal metrics [3]
- 9126-4: Quality in use metrics [4]

Während in ISO 9126-1 ein umfassendes Qualitätsmodell definiert wird, d.h. verschiedene Qualitätseigenschaften definiert werden, befassen sich die Teile 9126-2, 9126-3, 9126-4 mit Metriken und Methoden, die dazu geeignet sind die in 9126-1 genannten Eigenschaften zu messen. Grundsätzlich wird zwischen internen/externen Eigenschaften und den nutzungsbezogenen Eigenschaften unterschieden. Für die Ableitung der technischen Validierungs- und Optimierungsziele werden insbesondere die externen Qualitätseigenschaften herangezogen.

- **Interne/Externe Qualitätseigenschaften**

- **Effizienz** → Zeitverhalten, Ressourcenverbrauch
- **Funktionalität** → Angemessenheit, Korrektheit, Interoperabilität, Sicherheit
- **Wartbarkeit** → Stabilität, Testbarkeit, Analysierbarkeit
- **Zuverlässigkeit** → Robustheit und Fehlertoleranz, Wiederherstellbarkeit, Produktreife
- **Benutzbarkeit** → Erlernbarkeit, Verständlichkeit
- **Portabilität** → Koexistenz, Anpassbarkeit, Ersetzbarkeit
- **Nutzen** → Angemessenheit, (Produktivität), Benutzerzufriedenheit

- **Nutzungsbezogenen Eigenschaften**

- **Effektivität**
- **Produktivität**
- **Betriebssicherheit**
- **Benutzerzufriedenheit**

Die Erläuterung für die oben genannten Qualitätseigenschaften findet sich im Glossar.

### 1.1.2 Abgleich mit der Vorhabensbeschreibung und den Kriterien zur Bewertung des Feldversuches.

Um sicherzustellen, dass die Vorgehensweise bei der Ermittlung der Validierungs-, Charakterisierungs- und Optimierungsziele bzw. der den Zielen zugeordneten Methoden und Metriken zu Ergebnissen führt, die mit den Erwartungen aus der Vorhabensbeschreibung und den Anforderungen der Versuchsauswertung (Teilprojekt 5) übereinstimmen, wurden die Zwischenergebnisse wiederholt mit den Anforderungen an die technische Auswertung des Deliverables D5.1 abgeglichen. Als Konsequenz wurde im Laufe des Prozesses vermehrt Gewicht auf die Identifikation von Zielen, Metriken und Methoden aus den Bereichen Kommunikation, Ortung und Ausstattung gelegt.

### 1.1.3 Identifikation von Stakeholdern, Experten, anwendungsspezifischen Risiken und Problemfeldern

Wir gehen davon aus, dass es sich bei den in sim<sup>TD</sup> entwickelten Systemen zwar um Softwaresysteme handelt, die sich mit den gängigen Methoden und Herangehensweisen der Softwaretechnik prüfen und validieren lassen, durch ihre spezielle Einsatzform jedoch Eigenschaften aufweisen, die gesondert betrachtet werden müssen. Hierzu zählen:

- Die Verteiltheit des Systems
- Die Mobilität der Teilsysteme, insbesondere der Fahrzeuge
- Sicherheitsaspekte durch Eingriff in den Straßenverkehr
- Kommunikation über unsichere Medien (Funkverbindungen)

Bei der Ableitung der Validierungsziele für funktionale Qualitätseigenschaften haben wir folgende Aspekte berücksichtigt.

- Die von der Funktion generierten/angezeigten standortabhängigen Informationen befinden sich innerhalb einer definierten Abweichung. (Bsp.: Einsatzfahrzeug versendet korrekte eigene Position, Einsatzfahrzeug wird auf der Karte an korrekter Position angezeigt)
- Die von der Funktion generierten Ausgaben finden rechtzeitig statt. (Bsp.: Verkehrszeichen wird x Meter vor Eintritt in den Gültigkeitsbereich angezeigt.)
- Liefern der richtigen oder vereinbarten Ergebnisse oder Wirkungen, z. B. die benötigte Genauigkeit von berechneten Werten.

Um die Anwendbarkeit der Validierungs-, Charakterisierungs- und Optimierungsziele sicherzustellen, wurden die Ziele im Zuge ihrer Spezifikation mehrfach den Funktionsentwicklern und Komponentenentwicklern (Experten) zur Prüfung vorgelegt. Weiterhin wurde durch den internen sim<sup>TD</sup> Review Prozess die Transparenz der Spezifikation gegenüber den Stakeholdern (AP13, AP24, AP51) der Validierungs-, Charakterisierungs-, und Optimierungsziele sichergestellt.

### 1.1.4 Priorisierung der Qualitätseigenschaften nach Kategorien

Die technische Qualität einer Funktion (die überwiegend aus einem Softwareprodukt besteht) lässt sich durch eine systematische Bewertung der Systemeigenschaften hinsichtlich der in der ISO 9126 definierten Qualitätseigenschaften eines Softwareprodukts beurteilen. Wir nehmen diese Eigenschaften als grobe Orientierung für die Ermittlung der technischen Validierungs- und Optimierungsziele. Ausgehend von einer Gewichtung der Qualitätseigenschaften (bzw. genauer der ISO Kategorien über die Qualitätseigenschaften), wurden für jede Funktion die zu prüfenden Qualitätsanforderungen (bzw. -eigenschaften) durch die Funktionsexperten in den Funktionsentwicklungsteams (FET) gewichtet. Die Gewichtung erfolgt entlang der vier Gewichte **hoch**, **mittel**, **gering** bzw. **n.a.** (für nicht anwendbar) in der Tabellenspalte „Priorität“ (siehe Tabelle 1.1. Für alle Qualitätskategorien, die mit der Priorität **hoch** bzw. **mittel** gewichtet wurden, werden im Folgenden gesondert Validierungsziele definiert. Diese Qualitätskriterien werden entsprechend im Test- und Versuchsdesign berücksichtigt, während alle mit gering bzw. „nicht anzuwenden“ (n.a.) gewichteten Kategorien nicht berücksichtigt werden. Tabelle 1.1 zeigt zur Illustration einen Ausschnitt der Prioritätenabfrage, die den Funktionsexperten für jede der sim<sup>TD</sup> Funktionen vorgelegt wurde.

Tabelle 1.1: Template zur Prüfung und Validierung eines Systems im Entwicklungsprozess (V-Modell)

Qualitätskategorie	Erläuterung	Priorität
<b>Funktionalität</b>	Inwieweit besitzt die Software die geforderten Funktionen? - Vorhandensein von Funktionen mit festgelegten Eigenschaften. Diese Funktionen erfüllen die definierten Anforderungen.	
<b>Angemessenheit</b>	Inwieweit besitzt die Software die geforderten Funktionen? - Vorhandensein von Funktionen mit festgelegten Eigenschaften. Diese Funktionen erfüllen die definierten Anforderungen.	hoch, mittel, gering
<b>Richtigkeit</b>	Liefern der richtigen oder vereinbarten Ergebnisse oder Wirkungen, z. B. die benötigte Genauigkeit von berechneten Werten.	hoch, mittel, gering
<b>Interoperabilität</b>	Fähigkeit, mit vorgegebenen Systemen zusammenzuwirken.	hoch, mittel, gering
<b>Sicherheit (IT Sicherheit)</b>	Fähigkeit, unberechtigten Zugriff, sowohl versehentlich als auch vorsätzlich, auf Programme und Daten zu verhindern.	hoch, mittel, gering
<b>Ordnungsmäßigkeit</b>	Merkmale von Software, die bewirken, dass die Software anwendungsspezifische Normen oder Vereinbarungen oder gesetzliche Bestimmungen und ähnliche Vorschriften erfüllt.	hoch, mittel, gering

Die Rückläufe aus den Funktionsentwicklungsteams wurden gesichtet und im Rahmen einer gemeinsamen Sitzung mit dem TP1 Leitungsteam harmonisiert und konsolidiert. Im Zuge der Harmonisierung und Konsolidierung wurde die Gewichtung der Rückläufe so angepasst, dass eine einheitliche Bewertung der Funktionen möglich wird und die entsprechend der Vorhabensbeschreibung, des D5.1 und der Einschätzung der TP1 Leitung notwendigen Qualitätseigenschaften der Funktionen berücksichtigt werden. In diesem Prozess wurde zusätzlich die im Rahmen von sim<sup>TD</sup> zu bewertenden Qualitätseigenschaften auf ein im Rahmen des Feldversuchs bewältigbaren Umfang reduziert. Die konsolidierte Ergebnistabelle mit der harmonisierten Priorisierung findet sich im Anhang des Dokuments.

Grundsätzlich unterscheiden wir zwischen den technischen Validierungszielen für die einzelnen Funktionen und den technischen Validierungszielen für Komponenten der sim<sup>TD</sup> Plattform, wie z.B. Kommunikation, Ortung, Sicherheitssystem etc. Die technischen Validierungs-, Charakterisierungs- und Optimierungsziele für die Funktionen werden in Kapitel 1.4, die technischen Validierungsziele für Komponenten der sim<sup>TD</sup> Plattform werden in Kapitel 1.5 beschrieben.

### 1.1.5 Identifikation der zu bewertenden Objekte und Spezifikation der Validierungsziele

Die Qualität des sim<sup>TD</sup> Systems lässt sich auf mehreren Ebenen überprüfen. Neben dem Endprodukt (Validierung bzw. Optimierung der Funktionen) lassen sich auch Teilprodukte bzw. Teilaspekte des Systems validieren bzw. optimieren (Validierung bzw. Optimierung der Kommunikation, Validierung von Teilsystemen etc.).

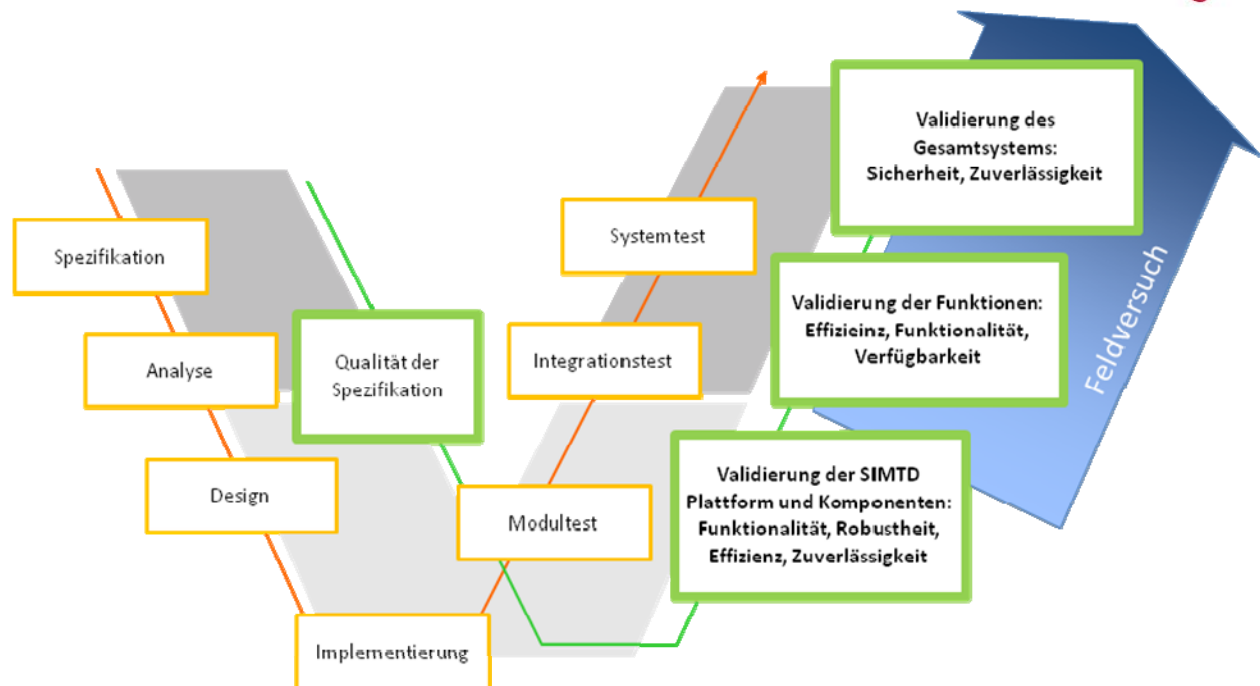


Abbildung 1.1: Prüfung und Validierung eines Systems im Entwicklungsprozess (V-Modell [1])

Abbildung 1.1 zeigt die Integration verschiedener Validierungsansätze in den Systementwicklungsprozess. Wir unterscheiden<sup>1</sup>:

1. Validierung des Gesamtsystems
2. Validierung und Optimierung der technischen Eigenschaften der sim<sup>TD</sup> Funktionen
3. Validierung und Optimierung der technischen Eigenschaften der sim<sup>TD</sup> Plattform und Komponenten (Kommunikation, Verfügbarkeit von Teilsystemen, Validierung und Optimierung der sim<sup>TD</sup> Komponenten)
4. Validierung und Optimierung der Spezifikation

Im Hinblick auf die Test- und Versuchsdurchführung werden im Verlauf des sim<sup>TD</sup> Projekts insbesondere die in 1. bis 3. definierten Gegenstände (Gesamtsystem, Funktionen, Plattform) einer intensiven Validierung unterzogen. Die entwicklungsbegleitende Validierung und Verifikation der Komponenten ist kein primäres Projektziel und erfolgt in Rahmen der laufenden Entwicklungstätigkeiten.

#### 1.1.5.1 Validierung und Optimierung des Gesamtsystems

Die Validierung des Gesamtsystems umfasst prinzipiell die Prüfung und Optimierung funktionsübergreifender Aspekte des sim<sup>TD</sup> Systems. Funktionsübergreifende Aspekte sind neben der Gesamtsystemfunktionalität, die Kommunikationseigenschaften des Systems, die Betriebssicherheit des Systems, Ausstattungsfragen (Prüfung und Optimierung der Ausstattungsdaten für IRS und IVS) und die IT-Sicherheit. Aufgrund der Organisationsstruktur in der Entwicklung des sim<sup>TD</sup> Systems (d.h. funktionsorientierte Entwicklung) werden relevante Abschnitte der Gesamtfunktionalität im Rahmen der Validierung und Optimierung der

<sup>1</sup> Hervorgehobene Rechtecke in Abbildung 1.1

Funktionen (Betriebssicherheit<sup>2</sup>, Zuverlässigkeit<sup>3</sup>) und Komponenten (Kommunikation<sup>4</sup>) abgedeckt. Die IT-Sicherheitsvalidierung hingegen wird sowohl auf Komponentenebene (Abnahmetests), als auch auf der Gesamtsystemebene getestet. Die Systemausstattung<sup>5</sup> wird sowohl auf Funktions- wie auch auf der Gesamtsystemebene durchgeführt.

Eine Validierung der IT-Sicherheit auf Ebene des Gesamtsystems ist notwendig, da durch das Zusammenwirken der verschiedenen Komponenten und Funktionen unter Umständen Sicherheitsprobleme entstehen, die durch einzelne Funktions- und Komponententest nicht entdeckt werden können.

Das Ziel der Validierung ist zu bestätigen, dass die aufgestellten IT-Sicherheitsanforderungen (siehe D21.5 Kapitel 4) korrekt umgesetzt wurden. Für die wichtigsten dieser IT-Sicherheitsanforderungen wurden Validierungsziele aufgestellt, die sich nur auf Ebene des Gesamtsystems verifizieren lassen.

Die Hauptmethode zur Durchführung der IT-Sicherheitsvalidierung ist die Durchführung eines Penetrationstests. Dabei wird ein Angreifer simuliert, der beispielsweise versucht unberechtigt Zugriff auf vertrauliche Daten zu erlangen oder der versucht das Gesamtsystem zu manipulieren, um einen Vorteil daraus zu gewinnen. Scheitert der simulierte Angreifer und wird die angegriffene Komponente nicht (dauerhaft) beeinträchtigt, so ist die Validierung erfolgreich.

#### 1.1.5.2 Validierung und Optimierung der sim<sup>TD</sup> Funktionen

Bei der Spezifikation der Metriken, Methoden und Ziele für die Validierung und Optimierung der Funktionen werden grundsätzlich zwei unterschiedliche Arten von Validierungszielen definiert. Diese sind:

- Funktionsübergreifend formulierbare Validierungsziele
- Funktionsspezifische Validierungsziele

Funktionsübergreifend formulierbare Validierungsziele können auf alle Funktionen angewandt werden und sind für alle Funktionen gleich definiert. Sie müssen i.d.R. nicht funktions-spezifisch angepasst werden. Sollte in Einzelfällen eine solche Anpassung dennoch notwendig werden, so wurde für die den spezifischen Zuschnitt erfordernde Funktion ein gesondertes funktions-spezifisches Validierungsziel angelegt. Beispielhaft sei hier das übergreifende Validierungsziel „Verbrauchsverhalten“ (TVZ\_UE6) genannt: hier sind die benötigten Ressourcen auf dem Car-PC / Infrastruktur zu minimieren, z.B.

- CPU-Ressourcen
- RAM Ressourcen
- HDD Ressourcen

Funktionsspezifische Validierungsziele sind direkt auf die Eigenschaften einer Funktion zugeschnitten und können nicht auf andere Funktionen übertragen werden. Beispielhaft sei hier das Validierungsziel „Richtigkeit“ (TVZ\_F2.1.1\_3) der Funktion Stauendewarnung F2.1.2

---

<sup>2</sup> Siehe Validierungsziel TVZ\_UE14

<sup>3</sup> Siehe Validierungsziele TVZ\_UE15, TVZ\_UE17, TVZ\_UE4, TVZ\_UE6

<sup>4</sup> Siehe Validierungsziele in [8] in den Arbeitsblättern „Komp. Mobilfunk (UMTS, GSM)“, „Komp. CWLAN“ und „Komp. pWLAN“

<sup>5</sup> Siehe Validierungsziel TVZ\_IRS\_1, TVZ\_IRS\_2, TVZ\_UE18, TVZ\_F114\_3

genannt. In der Zielbeschreibung heißt es hier: „Die Warnung vor Stauenden über DEN soll rechtzeitig erfolgen. Die Ausgabe einer DEN Fremdwarnung erfolgt vor dem Eintreffen in den Staubereich, wenn die Meldung rechtzeitig eingegangen ist. Die CAM basierte Eigenwarnung erfolgt erst beim Eintreffen der Situation.“ Anhand dieses Beispiels wird deutlich, dass dieses Validierungsziel auf keine andere Funktion übertragbar ist.

### 1.1.5.3 Validierung und Optimierung der sim<sup>TD</sup> Plattform und Komponenten

Die sim<sup>TD</sup> Funktionen sind über diverse Schnittstellen an die Komponenten der sim<sup>TD</sup> Plattform angebunden. Sie nutzen Funktionen der Kommunikation, der Datenverarbeitung, der Einbindung von Navigation und HMI und der Komponenten und Funktionen zur Test- und Versuchsdurchführung. In ihrer Leistungsfähigkeit und auch dem Zusammenwirken untereinander sind die sim<sup>TD</sup> Funktionen daher essentiell von den Eigenschaften der Systemkomponenten abhängig. Neben der Erfassung der Anforderungen der Funktionen an die Systemkomponenten, deren Ergebnisse in Deliverable D12.1 dargestellt wurden, ist somit die Validierung und Optimierung der sim<sup>TD</sup> Plattform und Komponenten ein integraler Bestandteil der sim<sup>TD</sup> Projektdurchführung.

Von den Qualitätskategorien der ISO 9126 stehen für die Systemkomponenten im Fokus:

- Funktionalität
- Effizienz
- Zuverlässigkeit

Je nach betrachteter Komponente stehen teils die Funktionalität, teils aber auch die Effizienz im Vordergrund. Die Zuverlässigkeit ist stets ein wichtiges Kriterium.

Hingegen sind die Änderbarkeit und Übertragbarkeit im Allgemeinen von geringer Bedeutung, da es sich in sim<sup>TD</sup> um eine prototypische Implementierung („Testfeld Deutschland“) handelt.

Die Validierung der Systemkomponenten adressiert folgende übergeordnete Ziele:

- Nachweis der Erfüllung der Anforderungen von den sim<sup>TD</sup> Funktionen an die Systemkomponenten (Validierungsziele)
- Ermittlung technischer Leistungsparameter für Systemkomponenten, speziell der Kommunikationsteilsysteme, so genannte Charakterisierungsziele
- Optimierung der Systemkomponenten gemäß definierter Ziele und Kriterien durch Variation identifizierter Parameter (Optimierungsziele)
- Definition von Kenngrößen, mit denen durch Dauerlogging während der Test- und Versuchsdurchführung und anschließender Auswertung die korrekte Funktionsweise des Systems nachgewiesen werden kann.

Basierend auf diesen Validierungs- Charakterisierungs- und Optimierungszielen werden in nachfolgenden Schritten die entsprechenden Test- und Versuchsfälle spezifiziert.

Je nach Art des Untersuchungsziels resultieren daraus Tests und Versuche in verschiedenen Teststufen in sim<sup>TD</sup>:

- Abnahmetests für die Komponenten finden in TP3 statt.
- Kommunikationstests zur Ermittlung der Leistungsparameter der Kommunikationsteilsysteme und zur Optimierung werden in AP31 durchgeführt.
- Das Dauerlogging ist sowohl Bestandteil der Testdurchführung in TP3 als auch der Versuchsdurchführung in TP4

Die entwicklungsbegleitenden Modul- und Integrationstests in TP2 werden durch die Validierungsziele von AP12 nicht abgedeckt.

In sim<sup>TD</sup> ist ein Schwerpunkt die realitätsnahe Funktionsnutzung im Feldversuch. Manche der dabei auftretenden Situationen sind im Testfeld nur schwer oder gar nicht zu erzeugen. Aufgabe der aus den Validierungszielen abgeleiteten Kenngrößen ist es, die Situationen im Feldversuch geeignet zu charakterisieren und somit die Ergebnisse interpretier- und analysierbar zu machen.

Schließlich ist die Leistungsfähigkeit des sim<sup>TD</sup> Systems in Grenzsituationen zu untersuchen. Hier sind die wichtigsten Aspekte:

- Die Leistungsfähigkeit der Kommunikationssysteme unter realen Umfeldbedingungen ist von vielen Einflussfaktoren abhängig. Dazu zählen die Ausstattungsrate der Fahrzeuge, die Ausstattung mit Infrastruktur (IRS und Mobilfunk), der Ausgestaltung des Verkehrsraums, der individuellen Verkehrssituation, den Eigenschaften des Funkkanals, der durch Fahrzeuge, Bebauung und Wetterbedingungen beeinflusst wird, und weitere
- Die Nutzung der sim<sup>TD</sup> Funktionen wird in unterschiedlichen Kombinationen erfolgen, die auch „Funktionsbündel“ genannt werden. Die Funktionen greifen dabei teilweise konkurrierend auf Systemressourcen zu. Dazu zählen die Kommunikationskanäle, die Rechenleistung und der Speicher der VAU, und die Nutzung des HMI im Fahrzeug. Es entsteht potentiell eine Wechselwirkung zwischen den Funktionen bezüglich ihrer Wirkung.

Die entstehenden Effekte müssen durch gezielte Variation der Test- und Versuchsbedingungen und -Konstellationen herausgearbeitet werden. Die entsprechende Formulierung von Test- und Versuchsfällen erfolgt in AP13.

### 1.1.6 Ermittlung der Metriken und Methoden

Die Definition der Metriken und Methoden zur Validierung der technischen Eigenschaften des sim<sup>TD</sup> Systems erfolgt geleitet durch die Vorschläge in [2]. Dabei sind wir bezüglich der von uns verwendeten Terminologie von den folgenden vereinfachenden Annahmen ausgegangen:

- **Kenngröße** = Metrik = Kennzahl
- Die **Kenngröße** wird zur Entscheidung hinsichtlich der Erreichung des Validierungsziels herangezogen. Kenngrößen können aus anderen Kenngrößen und/oder Messgrößen abgeleitet werden (z.B. die Durchschnittsgeschwindigkeit eines Fahrzeuges durch die Berechnung des Mittelwertes über eine Reihe gemessener Momentangeschwindigkeiten).
- **Messgrößen** sind quantifizierbar, d.h. physikalisch messbar oder werden durch Zählung, Beobachtung oder Befragung erhoben bzw. bestimmt.

Für die Spezifikation der Metriken (resp. Kenngrößen) haben wir das in Abbildung 1.2 dargestellte Qualitätsmodell verwendet, das einen Überblick über die Zusammenhänge der von uns verwendeten Begriffe gibt.

Die Definition der Qualitätseigenschaften (1) und Untereigenschaften (2), die Spezifikation der Objekte (3) der Validierung und Optimierung erfolgten bereits im Rahmen der Arbeiten zum Deliverable D12.1 [7]. Das entsprechende Vorgehen ist in den Kapiteln 1.1, Kapitel 1.1.2, Kapitel 1.1.4 und Kapitel 1.1.5 beschrieben. Die Ergebnisse des D12.1 wurden im Rahmen der Arbeiten zum D12.2 einer intensiven Revision unterzogen.



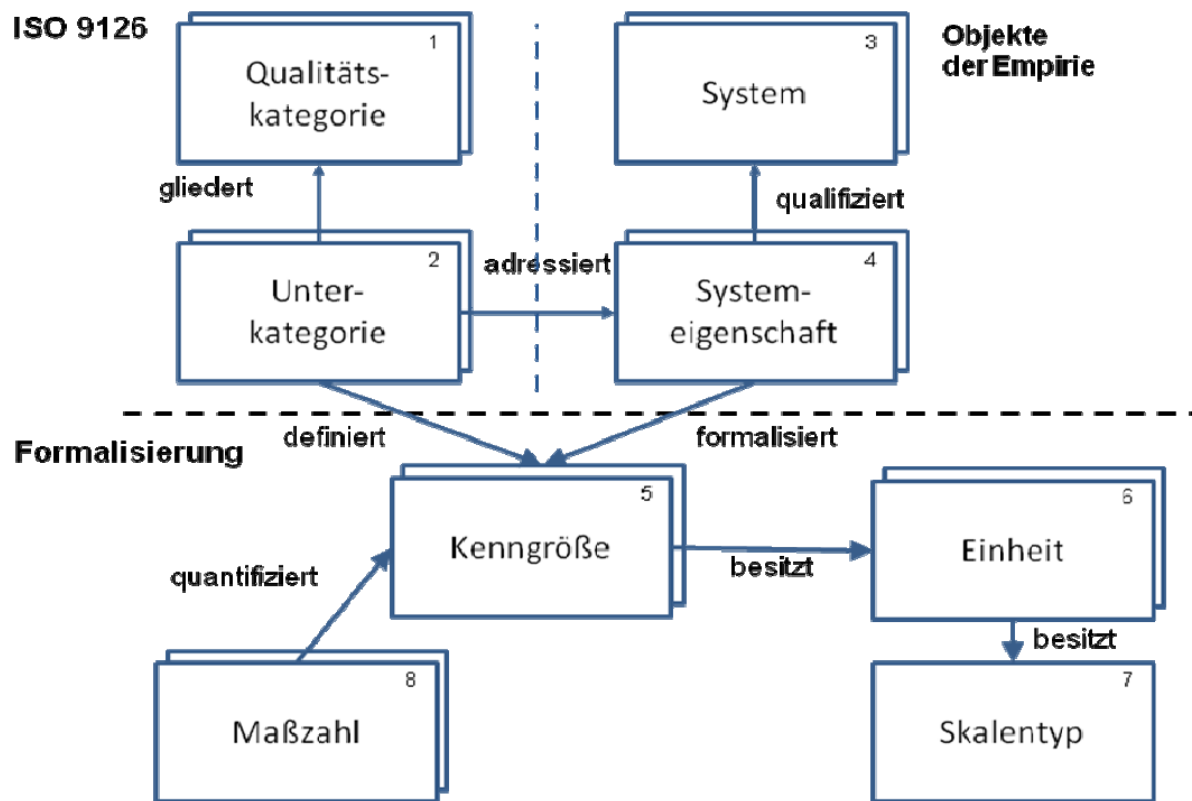


Abbildung 1.2: Qualitätsmodell als Grundlage für die Validierung und Optimierung

Das D12.2 hat als Schwerpunkt die Definition von Kenngrößen (5), Einheiten (6) und Skalen (7) und darauf aufbauend die Definition von Validierungs- bzw. Optimierungsmethoden. Die Kenngrößen, Einheiten und Skalen ergeben sich i.d.R. aus dem Anwendungsbereich (Komponentenspezifikation und Funktionsspezifikation). Als schwierig erwies sich die Ermittlung von konkreten Zielwerten, gegen die ein im Lauf eines Tests bzw. Versuchs gemessenes Maß (8) validiert werden kann. In den meisten Fällen waren zum aktuellen Zeitpunkt der Spezifikation genau diese Zielwerte noch nicht exakt bestimmbar. Eine Konkretisierung bzw. Spezifikation dieser Zielwerte hat im Laufe der Test-/Versuchsspezifikation bzw. Test-/Versuchsoperationalisierung zu erfolgen.

Messen ist eine Zuordnung von Zahlen zu Objekten oder Ereignissen, so dass bestimmte Relationen zwischen den Objekten auf Relationen zwischen den Zahlen abgebildet werden. Diese Relation wird als Skala bezeichnet. Skalen können eine unterschiedliche Qualität haben (Skalenniveau).

- Eine **Nominalskala** (nominal) ordnet den Objekten der Beobachtung Zahlen so zu, dass Objekten mit der gleichen Merkmalsausprägung gleiche Zahlen und solchen mit verschiedener Ausprägung verschiedene Zahlen zugeordnet werden.
- Eine **Ordinalskala** (ordinal) ordnet den Objekten der Beobachtung zahlen so zu, dass von jeweils 2 Objekten das mit der höheren Merkmalsausprägung auch die höhere Zahl bekommt. Die Objekte werden in eine Rangreihe gebracht.
- Bei der **Intervallskala** (interval) werden den Objekten der Beobachtung Zahlen zugeordnet, dass die Rangordnung der Differenz zweier Zahlen der Rangordnung des Merkmalsunterschieds zwischen zwei Objekten entspricht.

- Bei der **Verhältnisskala** (ratio) werden den Objekten der Beobachtung Zahlen zugeordnet, die so geartet sind, dass das *Verhältnis zweier Zahlen dem Verhältnis des Merkmalsunterschieds zwischen zwei Objekten entspricht*.
- Eine **Absolutskala**: der (absolute) Nullpunkt und die Skaleneinheit sind festgelegt.

Abbildung 1.3 zeigt die beispielhafte Anwendung des Qualitätsmodells aus Abbildung 1.2 für die Ermittlung der Kenngröße „response time“ zur Bewertung des Verkehrszeichenassistenten.

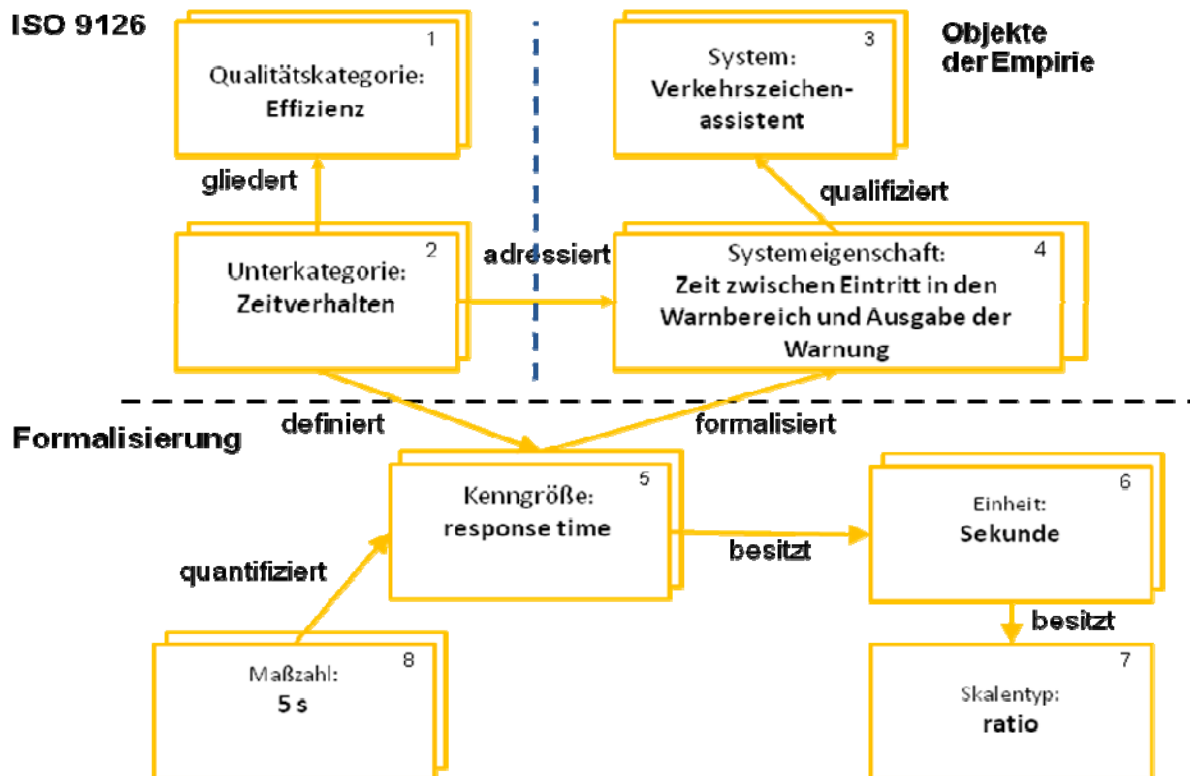


Abbildung 1.3: Qualitätskategorien und Metrik am Beispiel des Verkehrszeichenassistenten

## 1.2 Die Spezifikationstabellen

Die technischen Validierungs- und Optimierungsziele sowie die für eine Bewertung notwendigen Kenngrößen und Methoden werden in Form von Tabellen in einem Exceldokument [8] beschrieben. Ähnlich wie bei der ursprünglichen Ermittlung der Validierungsziele unterscheiden wir zwischen funktionsübergreifend formulierbaren und funktionspezifischen Validierungs- und Optimierungszielen, Metriken und Methoden. Die Zeileneinträge einer Tabelle spezifizieren die Validierungsziele mit den dazugehörigen Kenngrößen- und Methodenbeschreibungen.

**HINWEIS:** Die nachfolgenden Abbildungen dienen der Veranschaulichung zur Nutzung der Tabellen. Um die Inhalte zu lesen, bitte die Excel-Datei der Anlage 1 öffnen!

ID	Kategorie	Art	Zielbeschreibung	Prüfung	Skala	Interpretation	Methode	Berechnungsgrößen	Benötigte Messgrößen
FC12.L1	Aggressivität	V	Prüfung über die Aggressivität und Gerichtheit der gesteuerten Engpass (Drifts, Ruckeln, seitliche Rollen, Vibration des Engpasses)	Skala	0 bis 10 je näher an 10 umso besser	Prüfung und Auswertung der Log für Erkennung der nicht angemessenen zu bestimmten Engpass und Vibrationen		An Anzahl der Beschleuniger und nicht angemessenen Engpass bzw. Vibrationen	LOG ESO VAPL Fahrzeuggeschwindigkeit LOG ESO FC12 Kenngröße Prüfung LOG ESO FC12 Kenngröße Prüfung LOG ESO FC12 Kenngröße Prüfung
FC12.L2	Reaktionszeit	V	Reaktion des Fahrer auf die Durchschneidevorgänge des Verkehrs bei Fahrzeug (Drifts, Vibration, Vibrationen von 1 Fahrzeug)	Skala	0 bis 10 je näher an 10 umso besser	Reaktion und Vibration des gesteuerten Durchschneidevorgänge und der reifen Durchschneidevorgänge. Die gesteuerten Durchschneidevorgänge und die reifen Durchschneidevorgänge sind nicht angemessenen. Die reifen Durchschneidevorgänge sind nicht angemessenen. Die reifen Durchschneidevorgänge sind nicht angemessenen.		An Anzahl der falsch erkannt Durchschneidevorgänge	LOG ESO FC12 Kenngröße Prüfung LOG ESO VAPL Fahrzeuggeschwindigkeit LOG ESO FC12 Kenngröße Prüfung LOG ESO FC12 Kenngröße Prüfung
FC12.L3	Reaktionszeit	V	Reaktion des Fahrer auf die Reaktionen	Skala	0 bis 10 je näher an 10 umso besser	Reaktion der Reaktionen und der reifen Reaktionen und der reifen Reaktionen. Die reifen Reaktionen sind nicht angemessenen. Die reifen Reaktionen sind nicht angemessenen. Die reifen Reaktionen sind nicht angemessenen.		An Anzahl der falsch erkannt Reaktionen	LOG ESO VAPL Fahrzeuggeschwindigkeit LOG ESO FC12 Kenngröße Prüfung LOG ESO VAPL Fahrzeuggeschwindigkeit LOG ESO FC12 Kenngröße Prüfung

Abbildung 1.4: Illustration der Spezifikationstabellen für tVZ

Der linke Teil (*Beschreibung des Validierungsziels*) spezifiziert das Validierungs- bzw. Optimierungsziel mit den folgenden Attributen:

- **ID:** Ist ein eindeutiger Identifikator für das Validierungsziel.
- **Kategorie:** Kategorisiert das Validierungsziel entlang der ISO 9126 Qualitäts(unter)eigenschaften.
- **Art:** Definiert, ob es sich um ein (**V**)alidierungsziel, (**O**)ptimierungsziel oder ein (**C**)harakterisierungsziel handelt.
- **Zielbeschreibung:** Erläutert das Ziel.
- **Bewertungshinweis (optional):** Wird verwendet, um Hinweise für eine spätere Bewertung des Ziels zu erlauben.
- **Priorität:** Definiert die Priorität, die dem Ziel im Rahmen der Validierung eingeräumt wird. Sollte sich bei den funktionsübergreifend formulierbaren Zielen die Priorisierung für einzelne Funktionen unterscheiden, so wird die am häufigsten vergebene Priorität zuerst angegeben und die weiteren Prioritäten in Klammern dahinter aufgeführt. Eine genaue Zuordnung der Prioritäten zu den einzelnen Funktionen ist immer durch die Tabelle im Anhang gewährleistet (**siehe Anhang 1**)

Die rechte Seite (*Kenngrößen (Metriken) und Methoden*) spezifiziert die zur Prüfung der Zielerreichung vorgeschlagene Kenngröße (Metrik) und Methode. Die Einträge haben die folgenden Attribute

- **Kenngröße:** Beschreibung der Kenngröße X wird, wenn möglich, formalisiert (z.B.  $X=1-A/B$ ) angeben.
- **Skala:** Skalentyp der Kenngröße
- **Interpretation :** Interpretationsvorschrift der Kenngröße (z.B.  $0 \leq X \leq 1$  je näher X an 1.0 umso besser)
- **Methode:** Methodenbeschreibung zur Ermittlung der Kenngröße
- **Berechnungsgrößen:** Auflistung der Größen zur Berechnung der Kenngröße (Variablen aus der Kenngrößenformel)
- **Benötigte Messgrößen (optional):** Die für die Ermittlung der Berechnungsgrößen notwendigen Messgrößen. **Sollten für die Ermittlung eines** Validierungsziels mehrere alternative Kenngrößen definiert werden, wurde unterhalb der Validierungszieldefinition eine neue Zeile eingefügt.

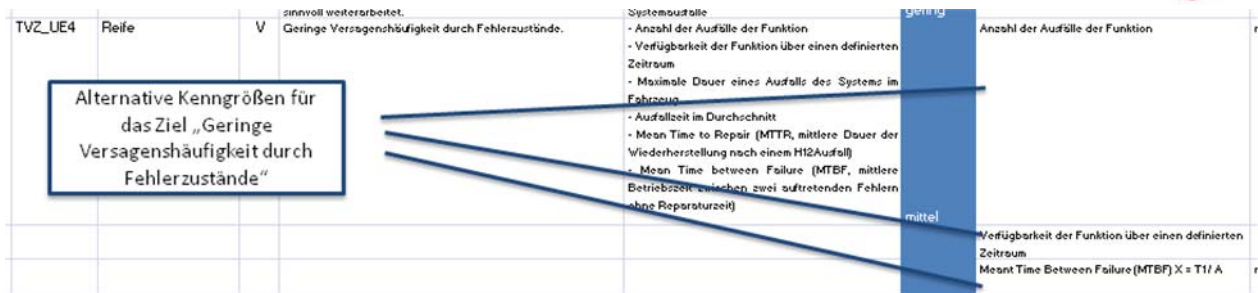


Abbildung 1.5: Darstellung mehrerer Kenngrößen zu einem Ziel

Der folgende Abschnitt zeigt die beispielhafte Belegung der Attribute für das funktions-spezifische Validierungsziel aus der Kategorie: Effizienz/Zeitverhalten für die Funktion des Verkehrszeichenassistenten.

### Funktion Verkehrszeichenassistent

- **ID:** TVZ\_F2.2.1\_16
- **Kategorie:** Zeitverhalten
- **Art:** V
- **Zielbeschreibung:** Die Information/Warnung muss spätestens 5 Sekunden vor Eintritt in den Gültigkeitsbereich des ausgestatteten Verkehrszeichens an den Fahrer kommuniziert werden.
- **Priorität:** hoch

F_2.2.1 Verkehrszeichenassistent		Bearbeiter: FOKUS		
ID	Kategorie	Art	Zielbeschreibung	Priorität
Effizienz				
TVZ_F2.2.1_16	Zeitverhalten	V	Die Information/Warnung muss spätestens 5 Sekunden vor Eintritt in den Gültigkeitsbereich des ausgestatteten Verkehrszeichens an den Fahrer kommuniziert werden.	hoch

Abbildung 1.6: Darstellung der Attribute eines Ziels in der Exceltabelle (vgl. Anhang 1)

Die entsprechenden Kenngrößen und Methoden werden wie folgt definiert:

- **Kenngröße:** Durchschnittliche Zeit zwischen Eintritt in den Gültigkeitsbereich und Anzeige des Verkehrszeichens,  $X = t_{show} - t_{entry}$
- **Skala:** ratio
- **Interpretation:**  $X \geq 5s$  gilt als bestanden
- **Methode:** Messen und Berechnen der Zeiten von der Anzeige des Validierungsziels (VZ) bis zum Eintritt in den Gültigkeitsbereich
- **Berechnungsgrößen:**  $t_{show}$  = Zeitpunkt der Anzeige des VZ,  $t_{entry}$  = Zeitpunkt des Eintritts in den Gültigkeitsbereich
- **Benötigte Messgrößen:**  $t(\text{LOG:EGO:F221:VZ.HMI\_Auftrag\_senden})$ ,  $t(\text{LOG:EGO:F221:VZ[x].gültig})$

Kenngröße	Skala	Interpretation	Methode	Berechnungsgrößen	Benötigte Messgrößen
Durchschnittliche Zeit zwischen Eintritt in den Gültigkeitsbereich und Anzeige des Verkehrszeichens $X = t_{show} - t_{entry}$	ratio	$X \geq 5s$ gilt als bestanden	Messen und Berechnen der Zeiten von der Anzeige des VZ bis zum Eintritt in den Gültigkeitsbereich	$t_{show}$ = Zeitpunkt der Anzeige des VZ $t_{entry}$ = Zeitpunkt des Eintritts in den Gültigkeitsbereich	$t(\text{LOG:EGO:F221:VZ.HMI\_Auftrag\_senden})$ $t(\text{LOG:EGO:F221:VZ[x].gültig})$

Abbildung 1.7: Darstellung der Methoden und Kenngrößen in der Exceltabelle (vgl. Anlage 1)



## 1.3 Technische Validierungsziele, Metriken und Methoden des Gesamtsystems

Wie bereits in Kapitel 1.1.5.1 ausgeführt und ausführlich beschrieben, umfasst die Validierung des Gesamtsystems prinzipiell die Prüfung und Optimierung funktionsübergreifender Aspekte des sim<sup>TD</sup> Systems. Funktionsübergreifende Aspekte sind neben der Gesamtsystemfunktionalität, die Kommunikationseigenschaften des Systems, die Betriebssicherheit des Systems, Ausstattungsfragen (Prüfung und Optimierung der Ausstattungsraten für IRS und IVS) und die IT-Sicherheit.

### 1.3.1 Validierung der IT-Sicherheit

Im Unterschied zur funktionalen Validierung der IT-Sicherheitskomponenten ist die IT-Sicherheit an sich eine Eigenschaft des Gesamtsystems, dessen Validierung auf der Ebene des Gesamtsystems erfolgt. Die Spezifikation der Ziele, Metriken und Methoden erfolgt auf Basis der in Kapitel 1.1 definierten Methodik und in Form der in Kapitel 1.2 beschriebenen Tabelle. Abbildung 1.8 zeigt einen Ausschnitt der Spezifikationstabelle. Die vollständige Tabelle befindet sich im Tabellenblatt „Gesamtsystem“ in der Anlage zu diesem Spezifikationsdokument „D12.2\_Anlage1\_tVZ\_Metriken\_Methoden.xls“ [8].



ID	Kategorie	Art	Zielbeschreibung	Funktionalität	Bewertungshinweis	Priorität	Kenngröße	Skala	Interpretation	Methode
TVZ_SEC_1	IT-Sicherheit	V	Alle über IEEE 802.11p übertragenen Pakete müssen mit dem aktiven Pseudonym des Absenders signiert sein	Funktionalität		mittel	Anzahl der nicht signierten Nachrichten, die über IEEE 802.11p versendet werden	absolut	= 0	Auswertung der über IEEE 802.11p versendeten Pakete
TVZ_SEC_2	IT-Sicherheit	V	Pakete, die über IEEE 802.11p empfangen werden und unsigniert sind bzw. mit einem nicht gültigen Pseudonym signiert sind werden verworfen			mittel	Anzahl der nicht signierten oder ungültigen Nachrichten, die in der Urnieldtabelle auftauchen	absolut	= 0	Auswertung der über IEEE 802.11p versendeten Pakete
TVZ_SEC_3	IT-Sicherheit	V	Die Plausibilitätsprüfung, als Teil des IT-Sicherheitsystems in simTD, sollte in der Lage sein solche nicht plausiblen Situationen (z.B. ein physikalisch unmögliches Bewegungsmuster) zu erkennen und die Erkenntnisse den Anwendungen zur Verfügung zu stellen.			mittel	Prozentszahl der erkannten gefälschten Nachrichten	intervall	[0..100] Prozent Je größer desto besser	Einschleusen von gefälschten Nachrichten in den Plausibilitätsprüfer
TVZ_SEC_4	IT-Sicherheit	V	Die Häufigkeit des Pseudonymwechsels wird von den Funktionen mitbeeinflusst (die Funktionen können einen Pseudonymwechsel verhindern). Welche Auswirkungen dieser kooperative Ansatz auf die Pseudonymwechselrate hat ist zu validieren.		Im schlimmsten Fall wird niemals ein Pseudonymwechsel durchgeführt, wenn immer mindestens eine Funktion den Wechsel blockiert. Angestrebt ist, einen Pseudonymwechsel etwa ein Mal pro Stunde durchzuführen.	mittel	- Zeitspanne zwischen den Pseudonymwechseln - Gesamtzeit in Prozent, in der die Funktionen das Wechseln von Pseudonymen zulassen. - Maximale Zeit/Weg-Spanne in der die Funktionen den Wechsel verhindern	absolut intervall absolut	< 1h keine Auswertung keine Auswertung	Auswertung von Logdaten aus den Versuchen
TVZ_SEC_5	IT-Sicherheit	V	Schutz der Privatsphäre durch gleichzeitigen Wechsel der Identifikatoren auf allen Ebenen: durchgängige Pseudonymisierung auf allen Ebenen (d.h. synchroner Wechsel von Pseudonym, Netzwerkidentifikatoren und ggf. anwendungsspezifischen Identifikatoren)		Daten auf Anwendungsebene, die durch die verschiedenen Funktionen bereitgestellt werden, sowie Identifikatoren auf Netzwerkebene (IP-Adresse, MAC-Adresse), können die Pseudonymisierung unterlaufen und Fahrzeuge zeitweilig – oder im schlimmsten Fall dauerhaft – eindeutig identifizierbar machen. Dies darf nicht geschehen.	mittel	Jeder Identifikator pro Ebene ist genau an ein Pseudonym gekoppelt => Anzahl der Pseudonyme, bei denen ein Identifikator genutzt wird	absolut	= 1	Auswertung der über IEEE 802.11p und Consumer WLAN versendeten Pakete
TVZ_SEC_6	IT-Sicherheit	V	Schutz von vertraulichen Daten bei der Übertragung: Daten, die nach der IT-Sicherheitsanalyse (siehe Kapitel 4 in D21.5) als vertraulich eingestuft dürfen nur verschlüsselt übertragen werden			mittel	Anzahl der unverschlüsselten Nachrichten, die vertrauliche Daten enthalten	absolut	= 0	Auswertung der über IEEE 802.11p und Consumer WLAN versendeten Pakete
TVZ_SEC_7	IT-Sicherheit	V	Schutz von vertraulichen Daten bei der Übertragung: Daten, die nach der IT-Sicherheitsanalyse (siehe Kapitel 4 in D21.5) als vertraulich eingestuft dürfen nur an bestimmte vertrauenswürdige Empfänger versendet werden (bzw. nur von diesen entschlüsselt werden können).		Vertrauenswürdige Empfänger in simTD sind die ITS Roadside Stations, sofern diese mit einem gültigen Pseudonym ausgestattet sind.	mittel	Anzahl der verschlüsselten Nachrichten, die vertrauliche Daten enthalten und an nicht vertrauenswürdige Empfänger versendet werden	absolut	= 0	Auswertung der über IEEE 802.11p und Consumer WLAN versendeten Pakete
TVZ_SEC_8	IT-Sicherheit	V	Die implementierten Sicherheitsfunktionen haben Penetrationstests stand.			mittel	Keine negative Beeinflussung des Systems und der Prozesse durch invalide oder ungewöhnliche valide Eingabedaten: Beeinträchtigung anderer Systemteile - d.h. diese können ihre reguläre Arbeit nicht mehr durchführen. Die angegriffene Komponente muss nach dem Angriff wie zuvor arbeiten (keine Veränderung auf Code- und Datenebene durch den Angriff)	absolut	= 0	Fuzzing-Tests
TVZ_SEC_9	IT-Sicherheit	V	Berücksichtigung der IT-Sicherheit im Entwicklungsprozess des Gesamtsystems		Es werden keine bekanntermaßen verwundbaren Anwendungen oder Bibliotheken eingebunden bzw. verwendet. Der Quelltext wurde auf mögliche Sicherheitsprobleme hin untersucht.	mittel	Anzahl der verwendeten/eingebundenen Anwendungen oder Bibliotheken mit bekannten Sicherheitsproblemen, sowie die Anzahl der Sicherheitsprobleme im Quelltext des Systems.	absolut	= 0	Überprüfung des Quelltext und der eingesetzten Anwendungen und Bibliotheken
TVZ_SEC_10	IT-Sicherheit	V	Das Sicherheitssystem erfüllt Normen oder Vereinbarungen oder gesetzliche Bestimmungen und ähnliche Vorschriften. Insbesondere werden nur genormte bzw. standardisierte Sicherheitsmechanismen verwendet. Das bezieht sich z.B. auf Zertifikatsformate, kryptographische Algorithmen, und Sicherheitsprotokolle.		Eine vollständige und standardkonforme Implementierung ist besser als eine unvollständige oder nicht-standardkonforme	mittel	Prozentszahl der Sicherheitsmechanismen und Algorithmen, die standardisiert sind (im Vergleich zu den nicht-standardisierten bzw. selbst entwickelten)	intervall	[0..100] Prozent Je größer desto besser	Whiteboxanalyse des IT-Sicherheitssystems

Abbildung 1.8: Spezifikation der Validierungs- bzw. Optimierungsziele der IT-Sicherheit sowie deren Kenngrößen und Methoden

### 1.3.2 Ausstattungsraten

Untersuchungen hinsichtlich Ausstattungsraten mit IRS und IVS spielen in sim<sup>TD</sup> eine wichtige Rolle. Allerdings stellt die Ausstattungsraten mit einer bestimmten Komponente kein Validierungsziel selbst dar. Die Ausstattungsraten sind stattdessen eine Stellgröße innerhalb eines Test- oder Versuchsfalls bzgl. der sim<sup>TD</sup>-Funktionen. Allerdings gibt es Validierungsziele, die in direktem Zusammenhang mit einer Ausstattungsraten stehen. Diese technischen Validierungsziele sind in den beiden nachfolgenden Unterkapiteln aufgelistet, um sie in der Anlage 1 schneller aufzufinden.

### 1.3.2.1 Ausstattung IRS

Die Prüfung bzw. Optimierung der Ausstattung der Straßenlandschaft mit IRS Systemen wird durch Validierungs-/Optimierungsziele, Metriken und Methoden unter der Überschrift „Ausstattung IRS“ festgelegt. Die vollständige Tabelle befindet sich im Tabellenblatt „Gesamtsystem“ in der Anlage zu diesem Spezifikationsdokument „D12.2\_Anlage1\_tvZ\_Metriken\_Methoden.xls“ [8].

Weitere Validierungsziele zur Ausstattung IRS sind im Tabellenblatt „Funkt. Funktionsunabhängig“ mit tvz\_UE18, tvz\_UE19 und tvz\_UE20 sowie im Tabellenblatt „Funkt. F1.X“ mit TVZ\_F1.1.4\_3 aufgeführt.

### 1.3.2.2 Ausstattung IVS

Die Prüfung bzw. Optimierung der Fahrzeugausstattung mit IVS Systemen wird ebenfalls in der Anlage zu diesem Spezifikationsdokument „D12.2\_Anlage1\_tvZ\_Metriken\_Methoden.xls“ [8] beschrieben. Hierzu sind die Validierungsziele tvz\_UE21 im Tabellenblatt „Funkt. Funktionsunabhängig“ und TVZ\_F1.1.4\_3 im Tabellenblatt „Funkt. F1.X“ sowie TVZ\_F2.1.1\_13 im Tabellenblatt „Funkt. F2.X“ aufgeführt.

### 1.3.3 Validierung der Kommunikation

Die Validierungsziele zur Kommunikation sind in [8] in den Arbeitsblättern „Komp. Mobilfunk (UMTS, GSM)“, „Komp. CWLAN“ und „Komp. pWLAN“ aufgeführt.

## 1.4 Technische Validierungsziele, Metriken und Methoden der Funktionen

Bei der Definition der Validierungsziele für Funktionen wird zwischen den funktionsübergreifend formulierbaren und den funktions-spezifischen Validierungs- und Optimierungszielen unterschieden. Die Spezifikation erfolgt gemäß des in Kapitel 1.1 beschriebenen Verfahrens. Der Identifikator (ID) für ein funktionsübergreifend formulierbares bzw. funktions-spezifisches Ziel setzt sich nach dem folgenden Schema zusammen:

[TVZ\_<TYP>\_<LaufendeNummer>].

Das Kürzel „TVZ“ steht für „technisches Validierungsziel“, der <TYP> ist entweder die Kennung UE für funktionsübergreifend formulierbare Ziele oder eine Funktionsnummer (z.B. F1.1.1) im Falle eines funktions-spezifischen Ziels. Für jeden <TYP> werden die Ziele dann durch <LaufendeNummer> durchnummeriert.



### 1.4.1 Funktionsübergreifend formulierbare Validierungs-, Charakterisierungs- und Optimierungsziele, Metriken und Methoden

Die funktionsübergreifend formulierbaren Validierungs-, Charakterisierungs- und Optimierungsziele sind für alle Funktionen gleich definiert. Sie müssen i.d.R. nicht funktionspezifisch angepasst werden und sind deshalb auf alle Funktionen gleichermaßen anwendbar. Die Spezifikation der Ziele, Metriken und Methoden erfolgt auf Basis der in Kapitel 1.1 definierten Methodik und in Form der in Kapitel 1.2 beschriebenen Tabelle. Abbildung 1.9 zeigt zur Illustration einen Ausschnitt der Spezifikationstabelle. Die vollständige Tabelle befindet sich als **Tabellenblatt „Funkt. Funktionsunabhängig“** in der Anlage „D12.2\_Anlage1\_tVZ\_Metriken\_Methoden.xls“ zu diesem Spezifikationsdokument [8].

ID	Kategorie	Art	Zielbeschreibung	Priorität	Kenngroße	Skala	Interpretation	Methode	Berechnungsgrößen	Benötigte Messgrößen
TVZ_UE7	Verbrauchsverhalten	□	Effizienz Die benötigten Ressourcen auf dem Car-PC/Infrastruktur sind zu minimieren, z.B. - CPU-Ressourcen - RAM Ressourcen - HDD Ressourcen	mittel	Maximaler Speicherverbrauch. $X = A_{max} / R_{max}$	absolute	$0 \leq X$ , je kleiner desto besser	Simulation einer Situation, in der die Speicherauslastung einen max. zulässigen Wert annimmt. Betreiben der Funktion und Auswerten des Funktionsverlauf anhand der Logdaten. Zu prüfen für jeden Funktionsanteil auf ITS-VS (CCU) und ITS-RS (RSU) und evtl. VZ	$A_{max} = \text{MAX}(A_i)$ , (for $i = 1$ to $N$ ) $R_{max} =$ erlaubte Anzahl der Fehler, die sich auf die hohe Speicherauslastung (Speicherfehler) beziehen $\text{MAX}(A_i) =$ gemessene Anzahl der Fehler, die sich auf die hohe Speicherauslastung beziehen (von der ersten zur i-ten Versuchsdurchführung)	LOG:XXX:OS:Memory_Error
				mittel	Maximale CPU Auslastung. $X = T_{Amax} / T_{Rmax}$	absolute	$0 \leq X$ , je kleiner desto besser	Simulation einer Situation, in der die CPU Auslastung einen max. zulässigen Wert annimmt. Betreiben der Funktion und Auswerten des Funktionsverlauf anhand der Logdaten. Zu prüfen für jeden Funktionsanteil auf ITS-VS (CCU) und ITS-RS (RSU) und evtl.	$T_{Amax} = \text{MAX}(T_i)$ , (for $i = 1$ to $N$ ) $T_{Rmax} =$ erlaubte Reaktionszeit der Funktion. $\text{MAX}(A_i) =$ gemessene Reaktionszeit der Funktion, (von der ersten zur i-ten Versuchsdurchführung)	LOG:XXX:XXX:Zeitpunkt_Funktionsanfrage LOG:XXX:XXX:Zeitpunkt_Funktionsantwort
				mittel	Maximaler Zugriff Festplatte $X = \text{MAX}(A_i/T_i)$ , (for $i = 1$ to $N$ )	ratio	$0 \leq X$ , je kleiner desto besser	Messung der I/O Zugriffe durch die Funktion. Zu prüfen für jeden Funktionsanteil auf ITS-VS (CCU) und ITS-RS (RSU).	$N =$ Anzahl der Versuche $A_i =$ Anzahl der I/O Zugriffe $T_i =$ Betriebszeit der Funktion	LOG:XXX:XXX:HDDIO_Funktion, LOG:XXX:XXX:Start_Verfügbarkeit_Funktion LOG:XXX:XXX:Ende_Verfügbarkeit_Funktion
TVZ_UE8	Verbrauchsverhalten	□	Anzahl und Dauer der benötigten Betriebsmittel bei der Erfüllung der Funktionen. Netzauslastung: - Netzauslastung zwischen ITS-VS (CCU) und ITS-RS (RSU) - Netzauslastung zwischen ITS-VS (CCU) und VZ - Netzauslastung zwischen ITS-VS (CCU) und ITS-VS (CCU)	mittel	Mittelwert der Übertragungsfehler pro Zeit. $X = A/T$	ratio	$0 \leq X$ , je kleiner desto besser	Simulation einer Situation, in der die Netzauslastung einen max. zulässigen Wert annimmt. Betreiben der Funktion und Auswerten des Funktionsverlauf anhand der Logdaten. Zu prüfen für jede Kommunikationsteilstrecke (C2C, C2RS, C2VZ) und	$A =$ Anzahl der Übertragungsfehler $T =$ Laufzeit der Funktion	LOG:XXX:XXX:Error_NetworkTransmission, LOG:XXX:XXX:Start_Verfügbarkeit_Funktion LOG:XXX:XXX:Ende_Verfügbarkeit_Funktion
				mittel	Mittelwert der Übertragungsfehler. $X = A_{mean} / R_{mean}$	absolute	$0 \leq X$ , je kleiner desto besser	Simulation einer Situation, in der die Netzauslastung einen max. zulässigen Wert annimmt. Betreiben der Funktion und Auswerten des Funktionsverlauf anhand der Logdaten. Zu prüfen für jede Kommunikationsteilstrecke (C2C, C2RS, C2VZ) und	$A_{mean} = \text{SUM}(A_i)/N$ , $A_i =$ Anzahl der Übertragungsfehler für einen Versuch $R_{mean} =$ Anzahl der erlaubten Übertragungsfehler $N =$ Anzahl der Versuche	LOG:XXX:XXX:Error_NetworkTransmission,
					Max. Bandbreitenanspruch. $X = \text{MAX}(A_i/B_i)$ oder $X = \text{MAX}(A_i/B_i)$ , (for $i = 1$ to $N$ )	ratio	$0 \leq X$ , je kleiner desto besser	Betrieb der Funktion unter unterschiedlichen Bedingungen (Anzahl Benutzer, Art der Strecken). Messung des Datendurchsatzes für die verschiedenen Kommunikationstechnologien. Betrieb der Funktion unter	$A_i =$ Datendurchsatz $T_i =$ Betriebszeit $B_i =$ Gefahrene Kilometer $N =$ Anzahl Versuche	LOG_Datendurchsatz_KommArt_pro_Funktion LOG_Start_Funktion, LOG_End_Funktion LOG_Kilometerstand
					Durchschnittlicher	ratio	$0 \leq Y$ , je kleiner desto			

Abbildung 1.9: Spezifikation der funktionsübergreifend formulierbaren Validierungs- bzw. Optimierungsziele, der Kenngrößen und Methoden





## 1.4.2 Funktionsspezifische Validierungsziele

Die funktionsspezifischen Validierungs-, Charakterisierungs- und Optimierungsziele sind für alle Funktionen funktionsspezifisch angepasst worden. Die Spezifikation der Ziele, Metriken und Methoden erfolgt auf Basis der in Kapitel 1.1 definierten Methodik und in Form der in Kapitel 1.2 beschriebenen Tabelle. Abbildung 1.10 zeigt zur Illustration einen Ausschnitt aus einer der Spezifikationstabellen. Die Tabellen befinden sich sortiert nach Funktionen in den Tabellenblättern „Funkt. F1.X“, „Funkt. F2.X“ und „Funkt. F3.X“ in der Anlage zu diesem Spezifikationsdokument „D12.2\_Anlage1\_tvZ\_Metriken\_Methoden.xls“ [8].

F_2.1.1 Hinderniswarnung		Bearbeiter: BOSCH								
ID	Kategorie	Art	Zielbeschreibung	Priori	Kenngröße	Skala	Interpretation	Methode	Berechnungsgrößen	Benötigte Messgrößen
Funktionalität										
TVZ_F2.1.L1	Angemessenheit	V	Die Funktion muss liegendelebene Fahrzeuge, Baustellen und Hindernisse erfassen können und bei Gefahr davor warnen.	hoch	Vh korrekt erkannter links genannter Hindernisse zu insg. angefahrenen Hindernissen X= A/B	ratio	$0 < X < 1$ je näher an 1.0 umso besser $X > 0,95$ gilt als bestanden	Messung und Vergleich erkannter Warnungen zu realen Warnungen	A= Anzahl der richtig erkannten Warnungen, B= Anzahl der bestimmten Warnungen	Log_Anzeige_Warnungen_F2.1.1 REAL_Anzahl_gefährlicher_Hindernisse_REAL
TVZ_F2.1.L2	Richtigkeit	V	Die Funktion muss liegendelebene Fahrzeuge, Baustellen und Hindernisse erfassen können und bei Gefahr davor warnen.	hoch	Vh korrekt hinsichtlich Position korrekt erkannter Hindernisse zu insg. angefahrenen Hindernissen X= A/B	ratio	$0 < X < 1$ je größer desto besser	Vergleich übermittelter Position zu realer Position	A= Anzahl der korrekt positionierten Hindernisse, B= Anzahl der Hindernisse	Log_Position_Hindernisse_F2.1.1 REAL_Position_Hindernisse_REAL
TVZ_F2.1.L11	Richtigkeit	O	Keine doppelte Benachrichtigung für das gleiche Hindernis.	hoch	Anzahl korrekter Warnungen zu einem Hindernis A	absolut	Wert muss 1 sein	Warnungen zählen, Hindernisse zählen	A= Anzahl der korrekten Warnungen zu einem bestimmten Hindernis	
TVZ_F2.1.L3	Richtigkeit	V	Es soll vor für den Fahrer relevanten Hindernissen gewarnt werden.	hoch	Vh Warnungen zu angefahrenen relevanten Hindernissen X= W/H	ratio	Wert muss mindestens 1 sein	Messung und Vergleich gegebener Warnungen zu relevanten Hindernissen	W= Anzahl gegebener Warnungen H= Anzahl relevanter Hindernisse	Log_Anzeige_Warnungen_F2.1.1 REAL_Anzahl_gefährlicher_Hindernisse_REAL
TVZ_F2.1.L4	Richtigkeit	O	Die Zahl an falschen Warnungen (false positive) muss gering bleiben.	hoch	Anzahl von Fehlwarnungen X=A	absolut	je kleiner desto besser	Zählen von Warnungen wo keine Hindernisse sind		Log_Anzeige_Warnungen_F2.1.1 REAL_Anzahl_gefährlicher_Hindernisse_REAL
TVZ_F2.1.L12	Richtigkeit	V	Die Anzeige des Hindernisses erfolgt korrekt als POI auf der Karte	mittel	Vh korrekt dargestellter Hindernisse zu insg. anzuzeigenden Hindernissen X= A/B	absolut	$0 < X < 1$ je näher an 1.0 umso besser	Messung und Vergleich korrekt gezeigter Warnungen zu real zu zeigenden Warnungen	A= Anzahl der fehlerhaften Warnungen B= Anzahl der korrekt dargestellten Warnungen	Log_Anzeige_Warnungen_F2.1.1 BIT_AnzahlFalseAlarm REAL_F2.1.1_Anzahl_der_korrekt_dargestellten_Warnungen
Zuverlässigkeit										
TVZ_F2.1.L13	Reife	O	Detektionen durch Ausweichmanöver: Plausibilisierung durch mehrere	mittel	Abweichung X/ Streuung Y der ermittelten Hindernispositionen um den realen Wert	absolut	Beide Werte möglichst klein	Vergleich übermittelter Position zu realer Position	Abweichung Referenzwert vom Mittelwert aller Detektionen	Log_Position_Hindernisse_F2.1.1 REAL_Position_Hindernisse_REAL
Effizienz										
TVZ_F2.1.L14	Zeitverhalten	O	Parameter der DEN (Sendehöflichkeit, expiry time)	hoch	Anzahl der Dubletten X in der Lkt	absolut	X=1 ist optimal, faktisch: Wert nahe bei 1	Zählen der erhaltenen DENs zur selben Warnung	X = Anzahl DEN zu bestimmten Hindernis	LOG_Paketempfangen
TVZ_F2.1.L3	Zeitverhalten	V	Erkannte Hindernisse müssen zeitnah dem Fahrer übermittelt werden.	hoch	Zeit vom Start bis zum Ende der Verarbeitung muss minimiert werden. X=t_end-t_start	absolut	je näher X an 0 ist desto besser, es. 1s tolerierbar	Messung und Vergleich der Start- und Endzeiten der Verarbeitung bei unterschiedlichen Optimierungsversuchen	t_end= Zeitpunkt zu dem die Verarbeitung abgeschlossen wurde t_start= Zeitpunkt zu dem die Verarbeitung begonnen	Log_F2.1.L_start Log_F2.1.L_end

Abbildung 1.10: Spezifikation funktionsspezifischen Validierungs- bzw. Optimierungsziele, der Kenngrößen und Methoden

## 1.5 Technische Validierungsziele, Metriken und Methoden der Komponenten

Die technischen Validierungs-, Optimierungs- und Charakterisierungsziele sind für die Systemkomponenten und die Kommunikationsarten individuell beschrieben und in separaten Tabellenblättern der Anlage „D12.2\_Anlage1\_tVZ\_Metriken\_Methoden.xls“ [8] zum Deliverable D12.2 dokumentiert. Die Spezifikation der Ziele, Metriken und Methoden erfolgt auf Basis der in Kapitel 1.1 definierten Methodik und in Form der in Kapitel 1.2 beschriebenen Tabelle. Der Aufbau der Tabellen entspricht dabei der bereits in Abschnitt 1.4.2 dargestellten Form, wobei für jede der betrachteten Komponenten ein separates Blatt existiert.

Einen entscheidenden Einfluss auf die Leistungsfähigkeit des sim<sup>TD</sup>-Systems insgesamt aber auch der individuellen Funktionen haben die Eigenschaften der Kommunikation generell und die Genauigkeit der Positionierung. Dementsprechend wurde von AP12 eine Auswahl der Systemkomponenten definiert, deren Leistungsfähigkeit auch im Rahmen der Versuchsdurchführung durch TP4 betrachtet wird. Alle weiteren Systemkomponenten werden nur im Rahmen der Abnahmetests durch TP3 adressiert.

Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die betrachteten Komponenten und die verwendeten Kürzel, die als Beschriftung für die Tabellenblätter in [8] verwendet werden.

Tabelle 1.2: tVZ – Übersicht der betrachteten Systemkomponenten

Hauptkomponente	Systemkomponente	Kürzel
ITSVS	Bessere Ortung	IVS_ORT
ITSCS	Geocast Server	ICS_GCS
KOMM	Kommunikation IEEE 802.11bg	Komp. CWLAN
	Kommunikation IEEE 802.11p	Komp. pWLAN
	Kommunikation UMTS	Komp. Mobilfunk (UMTS, GSM)

## 2 Nicht-technische Validierungsziele – Funktionen

### 2.1 Beschreibung der nicht-technischen Fragestellungen

Im Rahmen von sim<sup>TD</sup> wurden folgende nicht-technische Fragestellungen (basierend auf den so genannten Top-Zielen; siehe auch Abbildung 4.20 in Vorhabenbeschreibung v4.1\_090116) als zentral für die Bewertung (TP 5) der ausgewählten sim<sup>TD</sup>-Funktionen bzw. Anwendungsfälle in den von Teilprojekt TP 4 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>-Funktionen ist deren Benutzbarkeit. Aus diesem Grund wurde die **Benutzbarkeit** als eigenständige nicht-technische Fragestellung aufgenommen, die im Rahmen von nicht-technischen Tests in den Teilprojekten TP 2 und TP 3 zu adressieren ist, bevor nicht-technische Versuche in Teilprojekt 4 durchgeführt werden können.

Für eine Beschreibung der nicht-technischen Fragestellungen siehe Tabelle 2.1.

Tabelle 2.1: Nicht-technische Fragestellungen für sim<sup>TD</sup>-Funktionen bzw. Anwendungsfälle.

Fragestellung	Beschreibung
<b>Nutzerakzeptanz</b>	<p>Die Nutzerakzeptanz betrachtet die Akzeptanz der sim<sup>TD</sup>-Funktion durch den Fahrer. Es ist folgende Unterscheidung zu treffen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Subjektive Ebene: Beurteilung der sim<sup>TD</sup>-Funktion durch den Fahrer (z.B. „System hat mich rechtzeitig informiert“, „System hat die Fahrsicherheit erhöht“, „System hat den Fahrkomfort erhöht“)</li> <li>• Objektive Ebene: Nutzungs-/Reaktionsverhalten der Fahrer auf sim<sup>TD</sup>-Funktion (z.B. Befolungsraten und -geschwindigkeit auf sim<sup>TD</sup>-Meldung/Information)</li> </ul>
<b>Fahr- und Verkehrseffizienz</b>	<p><i>Fahr- und Verkehrseffizienz</i> 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.</p> <p><i>Fahr- und Verkehrseffizienz werden jeweils in Abhängigkeit von IVS-Ausstattungsichte, Verkehrszustand, Straßenkategorie etc. ermittelt.</i></p> <p><b>Fahreffizienz:</b> 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 vergleichen zu können, wird auch bei Fahrzeugen ohne Fahrer-Information/Warnung aufgezeichnet, wann der Fahrer welche Information/Warnung erhalten hätte.</p> <p>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,</p>

Fragestellung	Beschreibung
	<p>die keine Fahrzeugdaten für den Anwendungsfall liefern (kommunizieren).</p> <p><b>Verkehrseffizienz:</b> Für die Validierung der Verkehrseffizienz im Projekt sim<sup>TD</sup> werden die relevanten Kenngrößen für alle Fahrzeuge im Wirkungsbereich des Anwendungsfalls ermittelt.</p>
<p><b>Fahr- und Verkehrssicherheit</b></p>	<p><i>Fahr- und Verkehrssicherheit</i> 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. <i>Fahr- und Verkehrssicherheit werden jeweils in Abhängigkeit von IVS-Ausstattungsdichte, Verkehrszustand, Straßenkategorie etc. ermittelt.</i></p> <p><b>Fahrsicherheit:</b> 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.</p> <p><b>Verkehrssicherheit:</b> Für die Validierung der Verkehrssicherheit im Projekt sim<sup>TD</sup> werden die relevanten Kenngrößen für alle Fahrzeuge im Wirkungsbereich des Anwendungsfalls ermittelt.</p>
<p><b>Benutzbarkeit</b></p>	<p>Vor Beginn der Durchführung der Versuche im Versuchsgebiet, auf dem Testgelände und in der Fahrsimulation muss die Benutzbarkeit des Systems überprüft werden. In Anlehnung an D5.1 werden hier Aspekte der Gebrauchstauglichkeit angesprochen, die z.B. im Rahmen von ISO-Normen zur ergonomischen Ausgestaltung von Fahrerinformations- und -assistenzsystemen adressiert werden (z.B. DIN EN ISO 15005, 2002; DIN EN ISO 17287, 2003)</p> <p>In EN ISO 15005 (2002) werden die folgenden Prinzipien als wichtig für die Entwicklung und Bewertung von Fahrerinformations- und -assistenzsystemen eingestuft:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eignung für den Gebrauch während der Fahrt: Kompatibilität mit der Fahrzeugführung, Einfachheit, Timing/Prioritäten</li> <li>• Eignung für den Fahrer: Selbsterklärungsfähigkeit, Konformität mit Fahrererwartungen, Fehlertoleranz</li> </ul> <p>Es wird davon ausgegangen, dass eine sim<sup>TD</sup>-Funktion nur dann im Versuch zur Anwendung kommt, wenn diese genannten Mindestanforderungen an die Benutzbarkeit in weiten Teilen erfüllt sind.</p>

**Unterschied zwischen *Fahr-* und *Verkehrseffizienz* bzw. *Fahr-* und *Verkehrssicherheit***

Abbildung 2.1 zeigt eine mögliche Ergebnistabelle eines Versuchs und dient zur Erläuterung des Unterschieds zwischen *Fahr-* und *Verkehrseffizienz* bzw. *Fahr-* und *Verkehrssicherheit*. Sie zeigt fiktive Ergebniswerte wie z.B. mittlere Reisezeiten oder maximale Geschwindigkeiten für unterschiedliche Fahrzeugkollektive in Abhängigkeit der IVS-Dichte bzw. IRS-Dichte.

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

Abbildung 2.1: Erläuterung des Unterschieds zwischen Fahr- und Verkehrseffizienz bzw. Fahr- und Verkehrssicherheit am **fiktiven** Beispiel (die Zahlen könnten beispielsweise die jeweilige mittlere Reisezeit oder die jeweilige maximale Geschwindigkeit sein).

Aussagen zur Fahreffizienz bzw. Fahrsicherheit beziehen sich demnach im Projekt sim<sup>TD</sup> immer auf den Vergleich der Kenngrößen von Fahrzeugen *mit* Fahrer-Information/Warnung gegenüber den Kenngrößen der Fahrzeuge *ohne* Fahrer-Information/Warnung.

Aussagen zur Verkehrseffizienz bzw. Verkehrssicherheit beziehen sich im Projekt sim<sup>TD</sup> auf die Kenngrößen für alle Fahrzeuge (mit und ohne Information/Warnung) im Wirkungsbereich des entsprechenden Anwendungsfalls. Der jeweilige Wirkungsbereich wird in TP4 festgelegt.

Alle Aussagen werden jeweils in Abhängigkeit von IVS-Ausstattungsichte, Verkehrszustand, Straßenkategorie etc. getroffen.

## 2.2 Vorgehen

Im Rahmen von Arbeitspaket AP51 „Bewertung Feldversuch“ wurde eine erste Sammlung von Kriterien, Kenngrößen und Messgrößen erstellt, die die o.g. nicht-technischen Fragestellungen adressieren. Diese Arbeiten wurden im Deliverable D5.1 „Anforderungskatalog an den Feldtest“ zusammengeführt. Bei der Erstellung und Auswahl von Validierungszielen wurden die Eingaben von D5.1 bezüglich Kriterien und Kenngrößen (= Maßzahlen, die zur Quantifizierung dienen, müssen nicht unmittelbar Gegenstand einer Messung sein) berücksichtigt.

Die Arbeiten zu nicht-technischen Validierungszielen, -metriken und -methoden im Rahmen von AP12 gestalteten sich wie folgt:

1. Sammlung, Definition und Beschreibung nicht-technischer Validierungsziele (für eine ausführliche Darstellung siehe D12.1 [7])
2. Inhaltliche Überarbeitung der Sammlung nicht-technischer Validierungsziele sowie Zuordnung von Validierungsmetriken und -methoden zu den nicht-technischen Validierungszielen
3. Ergänzung der Validierungsmetriken und -methoden
4. Konsolidierung der Validierungsmetriken und -methoden

Die im Rahmen von AP12 von den FETs (Funktionsentwicklungsteams) gemachten Angaben zu nicht-technischen Validierungszielen, -metriken und -methoden werden an AP13 „Abgeleitete Tests“ übergeben. Dort werden – basierend auf den in sim<sup>TD</sup> vorgegebenen Anwendungsfällen – Test- und Versuchsfälle konzipiert, die später in TP3 bzw. in TP4 empirisch durchzuführen sind. Die Auswertungsstrategie sowie die Entscheidung, unter welchen Voraussetzungen ein nicht-technisches Validierungsziel als erfüllt gilt, wird in AP13 „Testfälle“ erarbeitet.

#### **Anmerkungen:**

- Es erfolgt keine Priorisierung der nicht-technischen Validierungsziele im Rahmen von AP12: Zum einen wird in D12.1 und D12.2 nur eine überschaubare Menge an nicht-technischen Validierungszielen vorgeschlagen. Zum anderen ist in AP13 „Abgeleitete Tests“ eine simultane Prüfung von mehreren nicht-technischen Validierungszielen vorgesehen. So wird zurzeit davon ausgegangen, dass über ein und denselben nicht-technischen Versuchsfall mehrere ausgewählte nicht-technische Validierungsziele (z.B. „Fahrsicherheit“ und „Nutzerakzeptanz“) geprüft werden können. Es ist somit keine Priorisierung der nicht-technischen Validierungsziele notwendig.
- Die gelisteten Validierungsmetriken und -methoden basieren auf dem Wissensstand zum Zeitpunkt der Erstellung von D12.2. Im weiteren Arbeitsprozess von sim<sup>TD</sup> ist es möglich, dass es hierbei zu Ergänzungen oder Überarbeitungen kommen wird.

Im Folgenden werden die mit den FETs abgestimmten und für D12.2 inhaltlich überarbeiteten nicht-technischen Validierungsziele kurz beschrieben (siehe Kap. 2.3). Anschließend wird vorgestellt, welche nicht-technischen Validierungsziele für die jeweiligen sim<sup>TD</sup>-Funktionen von den jeweiligen FETs als einschlägig bewertet werden (siehe Kap. 2.4 und Kap. 2.5). Diese Sammlung stellt eine Überarbeitung zu D12.1 dar. Als Grundlage für diese Arbeiten ist auf das Glossar in D12.1 zu verweisen, in dem diese nicht-technischen Fragestellungen in sim<sup>TD</sup> kurz definitorisch beschrieben werden. Anschließend werden Validierungsmetriken und -methoden für die jeweiligen nicht-technischen Validierungsziele aufgelistet (siehe Kap. 2.6).

## 2.3 Kurzbeschreibung der nicht-technischen Validierungsziele

Im folgenden Teilkapitel werden die in AP12 identifizierten und mit den FETs abgestimmten nicht-technischen Validierungsziele vorgestellt. Diese Darstellung umfasst eine Benennung der für die genannten nicht-technischen Fragestellungen einschlägigen Validierungsziele inkl. Vergabe einer Identifikationsnummer. Bei der Erstellung und Auswahl von Validierungszielen wurden die Eingaben von D5.1 „Anforderungskatalog an den Feldtest“ (AP51) bezüglich Kriterien und Kenngrößen berücksichtigt.

### 2.3.1 Nutzerakzeptanz

Für die Fragestellung „Nutzerakzeptanz“ wurden drei nicht-technische Validierungsziele identifiziert (siehe Tabelle 2.2): Hohe wahrgenommene Nützlichkeit, positive Einstellung gegenüber System und positive Systemnutzung. Die auf die „Nutzerakzeptanz“ bezogenen Validierungsziele werden mit den ID ntVZ\_N.0x (ntVZ\_N.01 bis ntVZ\_N.03) geführt.

Tabelle 2.2: Übersicht über nicht-technische Validierungsziele „Nutzerakzeptanz“

ID	Validierungsziel	Kurzbeschreibung
ntVZ_N.01	hohe wahrgenommene Nützlichkeit	Fahrerurteile werden zu verschiedenen Aspekten der wahrgenommenen Nützlichkeit abgefragt. Beispiele: Subjektive Zeitersparnis/Fahrsicherheit, Veränderung der Aufmerksamkeitsanforderungen, wahrgenommene Aktualität von Meldungen, wahrgenommene Einsparung Kraftstoff, wahrgenommene Datensicherheit, Vertrauen auf Wahrung der Privatsphäre, wahrgenommene Zuverlässigkeit des Systems, segmentspezifische Preisbereitschaft, Vergleich Nützlichkeit gg. bekannten Systemen
ntVZ_N.02	positive Einstellung gegenüber System	Fahrerurteile werden zu verschiedenen Aspekten einer positiven Einstellung gegenüber dem sim <sup>TD</sup> -System abgefragt. Beispiele: subjektive Zufriedenheit des Nutzers, Komfort/Entspannung, subjektives Unterhaltungspotential, Erlebbarkeit, Attraktivität
ntVZ_N.03	positive Systemnutzung	sowohl Fahrerurteile zu verschiedenen Aspekten einer positiven Systemnutzung werden abgefragt als auch Analysen zum objektiven Bedienverhalten werden durchgeführt. Beispiele: Häufigkeit der Nutzung, Befolgsrate von Meldungen, Befolgungsgeschwindigkeit, Möglichkeit des Ein- und Ausschaltens, Änderung der Routenwahl. Evtl. ergeben sich Differenzen zwischen Fahrerurteilen und Bedien- bzw. Nutzungsverhalten.

Legende: „ID“ Identifikationsnummer des Validierungsziels

### 2.3.2 Fahreffizienz

Für die Fragestellung „Fahreffizienz“ wurden sechs nicht-technische Validierungsziele identifiziert (siehe Tabelle 2.3): Änderung der Reisezeit, Änderung der Verlustzeit, Änderung des Geschwindigkeitsprofils, Änderung der Anzahl der Halte, Änderung des Kraftstoffverbrauchs und Änderung der Gesamtwegstrecke. Die auf die „Fahreffizienz“ bezogenen Validierungsziele werden mit den ID ntVZ\_FE.0x (ntVZ\_FE.01 bis ntVZ\_FE.06) geführt.

Tabelle 2.3: Übersicht über nicht-technische Validierungsziele „Fahreffizienz“

ID	Validierungsziel	Kurzbeschreibung
ntVZ_FE.01	Änderung der Reisezeit	Zeit, die benötigt wird, um von einem definierten Punkt A zu einem definierten Punkt B zu gelangen.
ntVZ_FE.02	Änderung der Verlustzeit	Differenz zwischen tatsächlicher und idealer Reisezeit. Die ideale Reisezeit ist die Zeitdauer, die für das Durchfahren eines Streckenabschnitts (von Punkt A nach Punkt B) ohne jegliche Beeinträchtigung (z.B. durch Lichtsignalanlagen oder andere Verkehrsteilnehmer) und unter Beachtung der maximal zulässigen Geschwindigkeit erreicht werden kann.
ntVZ_FE.03	Änderung des Geschwindigkeitsprofils	Geschwindigkeit über die Zeit bzw. über den Weg
ntVZ_FE.04	Änderung der Anzahl der Halte	Anzahl der Anhaltevorgänge
ntVZ_FE.05	Änderung des Kraftstoffverbrauchs	Kraftstoffverbrauch pro gefahrenem km oder über Teil-/ Gesamtstrecke(n) bzw. pro Fahraufgabe.
ntVZ_FE.06	Änderung der Gesamtwegstrecke	Länge des zurückgelegten Wegs entlang einer Route, ggf. zusammengesetzt aus Einzelstrecken (z.B. Fahrtstrecke, Fußweg).

Legende: „ID“ Identifikationsnummer des Validierungsziels

### 2.3.3 Verkehrseffizienz

Für die Fragestellung „Verkehrseffizienz“ wurden acht nicht-technische Validierungsziele identifiziert (siehe Tabelle 2.4): Änderung der Reisezeiten, Änderung der Varianz der Reisezeiten, Änderung der Verlustzeiten, Kapazitätsveränderung, Harmonisierung des Verkehrsablaufs, Änderung der Anzahl der Halte, Änderung des Kraftstoffverbrauchs und Änderung der Gesamtwegstrecke. Die auf die „Verkehrseffizienz“ bezogenen Validierungsziele werden mit den ID ntVZ\_VE.0x (ntVZ\_VE.01 bis ntVZ\_VE.08) geführt.

Tabelle 2.4: Übersicht über nicht-technische Validierungsziele „Verkehrseffizienz“

ID	Validierungsziel	Kurzbeschreibung
ntVZ_VE.01	Änderung der Reisezeiten	Zeit, die benötigt wird, um von einem festen Punkt A zu einem festen Punkt B zu gelangen (entsprechend ntVZ_FE.01)
ntVZ_VE.02	Änderung der Varianz der Reisezeiten	Streuung der Reisezeiten auf einem Abschnitt (von Punkt A nach Punkt B) zu einem festgelegten Abfahrzeitintervall.
ntVZ_VE.03	Änderung der Verlustzeiten	Differenz zwischen tatsächlicher und idealer Reisezeit. Die ideale Reisezeit ist die Zeitdauer, die für das Durchfahren eines Streckenabschnitts (von Punkt A nach Punkt B) ohne jegliche Beeinträchtigung (z.B. durch Lichtsignalanlagen oder andere Verkehrsteilnehmer) und unter Beachtung der maximal zulässigen Geschwindigkeit erreicht werden kann (entsprechend ntVZ_FE.03).
ntVZ_VE.04	Kapazitätsveränderung	Kapazität = maximale Verkehrsstärke, die unter bestimmten Verkehrs-, Umfeld- und Kontrollbedingungen erreicht werden kann.
ntVZ_VE.05	Harmonisierung des Verkehrsablaufs	Verteilung der Geschwindigkeiten in einem Zeitintervall, auf einem Streckenabschnitt oder bezogen auf unterschiedliche Fahrstreifen.
ntVZ_VE.06	Änderung der Anzahl der Halte	Anzahl der Anhaltevorgänge (entsprechend ntVZ_FE.04).



ID	Validierungsziel	Kurzbeschreibung
ntVZ_VE.07	Änderung des Kraftstoffverbrauchs	Kraftstoffverbrauch pro gefahrenem km oder über Teil-/ Gesamtstrecke(n) bzw. pro Fahraufgabe (entsprechend ntVZ_FE.05).
ntVZ_VE.08	Änderung der Gesamtwegstrecke	Länge des zurückgelegten Wegs entlang einer Route, ggf. zusammengesetzt aus Einzelstrecken (z.B. Fahrtstrecke, Fußweg) (entsprechend ntVZ_FE.06).

Legende: „ID“ Identifikationsnummer des Validierungsziels

### 2.3.4 Fahrsicherheit

Für die Fragestellung „Fahrsicherheit“ wurden fünf nicht-technische Validierungsziele identifiziert (siehe Tabelle 2.5): Änderung des Abstandsverhaltens, Änderung des Beschleunigungsverhaltens, Änderung der Häufigkeit kritischer Fahrsituationen, Änderung des Reaktionsverhaltens und Änderung des Geschwindigkeitsverhaltens. Die auf die „Fahrsicherheit“ bezogenen Validierungsziele werden mit den ID ntVZ\_FS.0x (ntVZ\_FS.01 bis ntVZ\_FS.05) geführt.

Tabelle 2.5: Übersicht über nicht-technische Validierungsziele „Fahrsicherheit“

ID	Validierungsziel	Kurzbeschreibung
ntVZ_FS.01	Änderung des Abstandsverhaltens	Abstand und Relativgeschwindigkeit zum Vorderfahrzeug
ntVZ_FS.02	Änderung des Beschleunigungsverhaltens	Längsbeschleunigung über die Zeit bzw. über den Weg
ntVZ_FS.03	Änderung der Häufigkeit kritischer Fahrsituationen	Häufigkeit kritischer Fahrsituationen, bspw. Aufgrund geringer Sicherheitsabstände, zu hoher Geschwindigkeiten oder Fahrstreifenwechsel
ntVZ_FS.04	Änderung des Reaktionsverhaltens	Fahrerreaktionen hinsichtlich Längsführung (Beschleunigen, Bremsen) und Querrführung (Lenkverhalten, Ausweichen, Spurwechsel)
ntVZ_FS.05	Änderung des Geschwindigkeitsverhaltens	berücksichtigt das Geschwindigkeitsprofil vor sicherheitsrelevanten Situationen

Legende: „ID“ Identifikationsnummer des Validierungsziels

### 2.3.5 Verkehrssicherheit

Für die Fragestellung „Verkehrssicherheit“ wurden sechs nicht-technische Validierungsziele identifiziert (siehe Tabelle 2.6): Änderung des Abstandsverhaltens, Änderung des Beschleunigungsverhaltens, Änderung der Häufigkeit kritischer Verkehrssituationen, Harmonisierung des Verkehrsablaufs, Änderung des Reaktionsverhaltens und Änderung des Geschwindigkeitsverhaltens. Die auf die „Verkehrssicherheit“ bezogenen Validierungsziele werden mit den ID ntVZ\_VS.0x (ntVZ\_VS.01 bis ntVZ\_VS.06) geführt.

Tabelle 2.6: Übersicht über nicht-technische Validierungsziele „Verkehrssicherheit“

ID	Validierungsziel	Kurzbeschreibung
ntVZ_VS.01	Änderung des Abstandsverhaltens	Abstand und Relativgeschwindigkeit zum Vorderfahrzeug (entsprechend ntVZ_FS.01).
ntVZ_VS.02	Änderung des Beschleunigungsverhaltens	Längsbeschleunigung über die Zeit bzw. über den Weg (entsprechend ntVZ_FS.02).
ntVZ_VS.03	Änderung der Häufigkeit kritischer Verkehrssituationen	Häufigkeit kritischer Fahrsituationen, bspw. Aufgrund geringer Sicherheitsabstände, zu hoher Geschwindigkeiten oder Fahrstreifenwechsel (entsprechend ntVZ_FS.03).
ntVZ_VS.04	Harmonisierung des Verkehrsablaufs	Verteilung der Geschwindigkeiten und Zeitlücken in einem Zeitintervall, auf einem Streckenabschnitt bzw. zwischen den Fahrstreifen
ntVZ_VS.05	Änderung des Reaktionsverhaltens	Fahrerreaktionen hinsichtlich Längsführung (Beschleunigen, Bremsen) und Querrführung (Lenkverhalten, Ausweichen, Spurwechsel) (entsprechend ntVZ_FS.04).
ntVZ_VS.06	Änderung des Geschwindigkeitsverhaltens	berücksichtigt das Geschwindigkeitsprofil vor sicherheitsrelevanten Situationen (entsprechend ntVZ_FS.05).

Legende: „ID“ Identifikationsnummer des Validierungsziels

### 2.3.6 Benutzbarkeit

Für die Fragestellung „Benutzbarkeit“ wurden vier nicht-technische Validierungsziele identifiziert (siehe Tabelle 2.7): Verständlichkeit, Erlernbarkeit, Bedienbarkeit und Konformität. Die auf die „Benutzbarkeit“ bezogenen Validierungsziele werden mit den ID ntVZ\_B.0x (ntVZ\_B.01 bis ntVZ\_B.04) geführt.

Tabelle 2.7: Übersicht über nicht-technische Validierungsziele „Benutzbarkeit“

ID	Validierungsziel	Kurzbeschreibung
ntVZ_B.01	Verständlichkeit	Aufwand für den Benutzer, das Konzept und die Anwendung zu verstehen. Beispiel: Erkennbarkeit, Beherrschbarkeit der Funktionsgrenzen
ntVZ_B.02	Erlernbarkeit	Aufwand für den Benutzer, die Anwendung zu erlernen (z. B. Bedienung, Ein-, Ausgabe). Beispiele: Selbsterklärungsfähigkeit des Systems
ntVZ_B.03	Bedienbarkeit	Aufwand für den Benutzer, die Anwendung zu bedienen. Beispiele: Ausmaß an Aufmerksamkeit/Ablenkungswirkungen, Kompatibilität mit der Fahrzeugführung, Fehlertoleranz des Systems
ntVZ_B.04	Konformität	Grad, in dem die sim <sup>TD</sup> -Funktion Normen oder Vereinbarungen (z.B. Statement of Principles, Code of Practice) zur Benutzbarkeit von Mensch-Technik Systemen (v.a. im Fahrzeugkontext) erfüllt

Legende: „ID“ Identifikationsnummer des Validierungsziels

#### Anmerkung:

Die Erfüllung der Validierungsziele „Benutzbarkeit“ der sim<sup>TD</sup>-Funktionen **muss vor Beginn** der Durchführung der Versuche im Versuchsgebiet, auf dem Testgelände und/oder in der Fahrsimulation überprüft werden. In Anlehnung an D5.1 werden hier Aspekte der Gebrauchstauglichkeit angesprochen, die z.B. im Rahmen von ISO-Normen zur ergonomischen Ausgestaltung von Fahrerinformations- und -assistenzsystemen adressiert werden (z.B. DIN EN ISO 15005, 2002; DIN EN ISO 17287, 2003). Es wird davon ausgegangen,

dass eine sim<sup>TD</sup>-Funktion nur dann im Versuch zur Anwendung kommt, wenn diese genannten Mindestanforderungen an die Benutzbarkeit in weiten Teilen erfüllt sind.

In diesem Zusammenhang wird folgende Empfehlung von AP12 für die notwendigen Testfälle zur Überprüfung der Benutzbarkeit der sim<sup>TD</sup>-Funktionen gegeben: Es ist zu prüfen, inwiefern sim<sup>TD</sup>-Funktionen,

- die dem Fahrer Informationen und/oder Warnungen zur Verfügung stellen, die Validierungsziele „Verständlichkeit“ und „Erlernbarkeit“ erfüllen.
- die dem Fahrer Möglichkeiten zur Eingabe bzw. Bedienung bieten, das Validierungsziel „Bedienbarkeit“ erfüllen.
- die in irgendeiner Art und Weise mit dem Fahrer in Interaktion stehen, das Validierungsziel „Konformität“ erfüllen.

Die entsprechenden hieraus resultierenden nicht-technischen Tests (TP2 und TP3), in denen die Validierungsziele zur „Benutzbarkeit“ adressiert werden, sind vor Beginn der nicht-technischen Versuche (TP4) durchzuführen.

## 2.4 Überblick über alle nicht-technischen Validierungsziele der sim<sup>TD</sup>-Funktionen

Tabelle 2.8 veranschaulicht die identifizierten und für die Bewertung der sim<sup>TD</sup>-Funktion als relevant betrachteten nicht-technischen Validierungsziele für die einzelnen sim<sup>TD</sup>-Funktionen. Diese Sammlung stellt eine Überarbeitung zu D12.1 dar. Es ist zu beachten, dass es sich um eine funktionsweise Zuordnung von Validierungszielen handelt. Inwiefern einzelne Validierungsziele relevant sind für spezifische Anwendungsfälle, wird erst durch AP13 in D13.2 definiert.

### **Anmerkung:**

Bei sim<sup>TD</sup>-Funktionen der Hauptfunktion HF1.1 werden nicht-technische Validierungsziele nicht adressiert. Die entsprechenden Funktionen (sog. Basisfunktionen) sind Grundlage für andere sim<sup>TD</sup>-Funktionen. Es findet für diese sim<sup>TD</sup>-Funktionen keine direkte Interaktion mit dem Fahrer statt. Durch die Überprüfung der Validität der anderen sim<sup>TD</sup>-Funktionen wird die Qualität der Basisfunktionen indirekt geprüft (z.B. bei einer Stauendwarnung (F\_2.1.2) wird die Qualität der Basisfunktion „Identifikation von Verkehrseignissen“ (F\_1.1.5) geprüft). Daher wurden sim<sup>TD</sup>-Funktionen der HF1.1 in Tabelle 2.8 nicht aufgenommen.





ID	Validierungsziel	F_1.2.1 Straßenvoranschau	F_1.2.2 Baustelleninformationssystem	F_1.2.3 Erweiterte Navigation	F_1.3.1 Umleitungsmanagement	F_1.3.2 Lichtsignalanlagen Netzsteuerung	F_1.3.3 Lokale verkehrsabhängige LSA-Steuerung	F_2.1.1 Hinderniswaarung	F_2.1.2 Stauendewarung	F_2.1.3 Wetterwarung	F_2.1.4 EFZ-Warung	F_2.2.1 Verkehrszeichen-Assistent/Warung	F_2.2.2 Ampel-Phasen-Assistent/Warung	F_2.2.3 Längsführungsassistent	F_2.2.4 Kreuzungs-/Querverkehrsassistent	F_3.1.1 Internetbasierte Dienstnutzung	F_3.1.2 Standortinformationdienste
<b>Verkehrseffizienz</b>																	
ntVZ_VE.01	Änderung der Reisezeiten	X		X	X	X	X						X				
ntVZ_VE.02	Änderung der Varianz der Reisezeiten			X	X	X	X						X				
ntVZ_VE.03	Änderung der Verlustzeiten	X		X	X	X	X						X				
ntVZ_VE.04	Kapazitätsveränderung		X			X	X										
ntVZ_VE.05	Harmonisierung des Verkehrsablaufs		X			X	X			X		X	X	X			
ntVZ_VE.06	Änderung der Anzahl der Halte					X	X						X				
ntVZ_VE.07	Kraftstoffverbrauch			X	X	X							X				
ntVZ_VE.08	Änderung der Gesamtwegstrecke				X											X	
<b>Fahrsicherheit</b>																	
ntVZ_FS.01	Änderung des Abstandsverhaltens							X	X	X			X	X			
ntVZ_FS.02	Änderung des Beschleunigungsverhaltens		X					X	X	X			X	X			
ntVZ_FS.03	Änderung der Häufigkeit kritischer Fahrsituationen	X	X					X	X	X	X	X	X	X	X		
ntVZ_FS.04	Änderung des Reaktionsverhaltens	X	X					X	X	X		X	X	X	X		
ntVZ_FS.05	Änderung der Geschwindigkeitsverhaltens	X	X			X	X	X	X	X		X	X	X	X		



ID	Validierungsziel	F_1.2.1 Straßenvoranschau	F_1.2.2 Baustelleninformationssystem	F_1.2.3 Erweiterte Navigation	F_1.3.1 Umleitungsmanagement	F_1.3.2 Lichtsignalanlagen Netzsteuerung	F_1.3.3 Lokale verkehrsabhängige LSA-Steuerung	F_2.1.1 Hinderniswaarung	F_2.1.2 Stauendewarung	F_2.1.3 Wetterwarung	F_2.1.4 EFZ-Warung	F_2.2.1 Verkehrszeichen-Assistent/Warung	F_2.2.2 Ampel-Phasen-Assistent/Warung	F_2.2.3 Längsführungsassistent	F_2.2.4 Kreuzungs-/Querverkehrsassistent	F_3.1.1 Internetbasierte Dienstnutzung	F_3.1.2 Standortinformationdienste
<b>Verkehrssicherheit</b>																	
ntVZ_VS.01	Änderung des Abstandsverhaltens							X	X				X	X			
ntVZ_VS.02	Änderung des Beschleunigungsverhaltens		X					X	X				X	X			
ntVZ_VS.03	Änderung der Häufigkeit krit. Verkehrssituationen	X	X					X	X			X	X	X	X		
ntVZ_VS.04	Harmonisierung des Verkehrsablaufs		X			X		X	X	X		X	X				
ntVZ_VS.05	Änderung des Reaktionsverhaltens	X	X					X	X			X	X	X			
ntVZ_VS.06	Änderung der Geschwindigkeitsverhaltens	X	X			X	X	X	X			X	X	X			
<b>Benutzbarkeit</b>																	
ntVZ_B.01	Verständlichkeit	X		X				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
ntVZ_B.02	Erlernbarkeit	X		X				X	X	X	X	X	X	X		X	X
ntVZ_B.03	Bedienbarkeit	X						X	X	X					X	X	X
ntVZ_B.04	Konformität							X	X	X				X	X		

Legende: „ID“ Identifikationsnummer des Validierungsziels, „EFZ“ Einsatzfahrzeug

## 2.5 Fazit zu den nicht-technischen Validierungszielen

Im Rahmen von AP12 wurden nicht-technische Validierungsziele in den Fragestellungen „Nutzerakzeptanz“, „Fahreffizienz“, „Verkehrseffizienz“, „Fahrsicherheit“, „Verkehrssicherheit“ und „Benutzbarkeit“ identifiziert und beschrieben, die nachfolgend im Rahmen von sim<sup>TD</sup> für die Bewertung der entwickelten sim<sup>TD</sup>-Funktionen heranzuziehen sind. Bezogen auf die nicht-technischen Fragestellungen bleibt **vereinfacht** festzuhalten:

- **Validierungsziele „Nutzerakzeptanz“** (hohe wahrgenommene Nützlichkeit, positive Einstellung gegenüber System sowie positiver Systemnutzung) werden für alle sim<sup>TD</sup>-Funktionen, mit denen der Fahrer interagiert, hervorgehoben (HF 1.2, 1.3, 2.1, 2.2, 3.1).
- **Validierungsziele „Fahreffizienz“** (Änderung der Reisezeit, Änderung der Verlustzeit, Änderung des Geschwindigkeitsprofils, Änderung der Anzahl der Halte, Änderung des Kraftstoffverbrauchs und Änderung der Gesamtwegstrecke) werden v.a. von den sim<sup>TD</sup>-Funktionen der HF 1.2 und 1.3 sowie der Einsatzfahrzeugwarnung (F\_2.1.4, Achtung: Fahreffizienz bezieht sich hier auf das Einsatzfahrzeug) und dem Ampelphasenassistenten (F\_2.2.2) adressiert.
- **Validierungsziele „Verkehrseffizienz“** (Änderung der Reisezeiten, Änderung der Varianz der Reisezeiten, Änderung der Verlustzeiten, Kapazitätsveränderung, Harmonisierung des Verkehrsablaufs, Änderung der Anzahl der Halte, Änderung des Kraftstoffverbrauchs und Änderung der Gesamtwegstrecke) sind v.a. für sim<sup>TD</sup>-Funktionen der HF 1.2 und 1.3 sowie für den Ampelphasenassistenten (F\_2.2.2) von Bedeutung.
- **Validierungsziele „Fahrsicherheit“** (Änderung des Abstandsverhaltens, Änderung des Beschleunigungsverhaltens, Änderung der Häufigkeit kritischer Fahrsituationen, Änderung des Reaktionsverhaltens und Änderung des Geschwindigkeitsverhaltens) werden für alle sim<sup>TD</sup>-Funktionen mit Informationen und Warnungen für den Fahrer identifiziert (HF 1.2, 2.1, 2.2).
- **Validierungsziele „Verkehrssicherheit“** (Änderung des Abstandsverhaltens, Änderung des Beschleunigungsverhaltens, Änderung der Häufigkeit kritischer Verkehrssituationen, Harmonisierung des Verkehrsablaufs, Änderung des Reaktionsverhaltens und Änderung des Geschwindigkeitsverhaltens) sind für alle sim<sup>TD</sup>-Funktionen mit Informationen und Warnungen für den Fahrer relevant (HF 1.2, 2.1, 2.2).
- **Validierungsziele „Benutzbarkeit“** (Verständlichkeit, Erlernbarkeit, Bedienbarkeit und Konformität) sind für alle sim<sup>TD</sup>-Funktionen vor Beginn der Durchführung der Versuche im Versuchsgebiet, auf dem Testgelände und in der Fahrsimulation zu überprüfen (in Form nicht-technischer Tests in TP2 bzw. TP3). Es wird davon ausgegangen, dass eine sim<sup>TD</sup>-Funktion nur dann im Versuch zur Anwendung kommt, wenn die genannten Mindestanforderungen an die Benutzbarkeit in weiten Teilen erfüllt sind.

Durch die sim<sup>TD</sup>-Funktionen der Hauptfunktionsgruppen werden **vereinfacht** folgende nicht-technische Validierungsziele adressiert:

- **HF 1.2 Verkehrsinformation und Navigation:** Nutzerakzeptanz, Fahr- und Verkehrseffizienz, Fahr- und Verkehrssicherheit
- **HF 1.3 Verkehrssteuerung:** Nutzerakzeptanz (sofern Interaktion mit Fahrer gegeben), Fahr- und Verkehrseffizienz
- **HF 2.1 Lokale Gefahrenwarnung:** Nutzerakzeptanz, Fahr- und Verkehrssicherheit; nur für Einsatzfahrzeugwarnung (F\_2.1.4): Fahreffizienz

- **HF 2.2 Fahrerassistenz:** Nutzerakzeptanz, Fahr- und Verkehrssicherheit; nur für Ampelphasenassistenz (F\_2.2.2): Fahr- und Verkehrseffizienz
- **HF 3.1 Erweiterte Dienste:** Nutzerakzeptanz, Fahreffizienz

## 2.6 Zuordnung von Validierungsmetriken und -methoden

Tabelle 2.9 veranschaulicht die nicht-technischen Validierungsziele, -metriken und -methoden. Die dargestellten Messgrößen sind lediglich eine erste Ideensammlung und besitzen keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

**Es ist darauf zu achten, dass die Validierungsmetriken immer in Abhängigkeit der Randbedingungen (z.B. verkehrliche Randbedingungen, IVS-Dichte, IRS-Dichte, Kommunikationstechnologie, Kombinationen mehrerer Anwendungsfälle) betrachtet werden.**

### **Anmerkung:**

Bei sim<sup>TD</sup>-Funktionen der Hauptfunktion HF1.1 werden nicht-technische Validierungsziele nicht adressiert. Die entsprechenden Funktionen (sog. Basisfunktionen) sind Grundlage für andere sim<sup>TD</sup>-Funktionen. Es findet für diese sim<sup>TD</sup>-Funktionen keine direkte Interaktion mit dem Fahrer statt. Durch die Überprüfung der Validität der anderen sim<sup>TD</sup>-Funktionen wird die Qualität der Basisfunktionen indirekt geprüft (z.B. bei einer Stauendwarnung (F\_2.1.2) wird die Qualität der Basisfunktion „Identifikation von Verkehrseignissen“ (F\_1.1.5) geprüft). Daher wurden sim<sup>TD</sup>-Funktionen der HF1.1 in Tabelle 2.9 nicht aufgenommen.





Tabelle 2.9: Übersicht über die nicht-technischen Validierungsziele, -metriken und -methoden.

ID	Validierungsziel	Validierungsmetrik	Validierungsmethode	Messgrößen <sup>6</sup>	Beschreibung
<b>Nutzerakzeptanz</b>					
N.01	Hohe wahrgenommene Nützlichkeit	a) subjektive Zeitersparnis, b) Wahrgenommene Aktualität von Meldungen c) Wahrgenommene Einsparung Kraftstoff d) Subjektive Sicherheit e) Wahrgenommene Datensicherheit f) Wahrgenommener Schutz der Privatsphäre g) Wahrgenommene Zuverlässigkeit des Systems	Befragung (direkt nach einer "Situation", nach längerer Nutzdauer des Anwendungsfalls, ...)	Fahrerurteil	
N.02	Positive Einstellung gegenüber System	a) Subjektive Zufriedenheit des Nutzers b) Komfort/Entspannung c) Subjektives Unterhaltungspotential d) Erlebbarkeit	Befragung (direkt nach einer "Situation", nach längerer Nutzdauer des Anwendungsfalls, ...)	Fahrerurteil	
N.03	Positive Systemnutzung	a) Fahrerurteil b1) Befolgungsrate: Änderung der Routenwahl b2) Befolgungsrate: Beschleunigungszeitpunkt b3) Befolgungsrate: Ausweichzeitpunkt b4) Befolgungsrate: Zeitpunkt des Fahrstreifenwechsels b5) Befolgungsrate: Zeitpunkt der Betätigung des Warnblinkers b6) Befolgungsrate: Geschwindigkeit c) Nutzungshäufigkeit d) Nutzungsdauer e) Systemabschaltung	a) Befragung (direkt nach einer "Situation", nach längerer Nutzdauer des Anwendungsfalls, ...) b1) Erfassung von ursprünglicher und tatsächlicher Route; Vergleich der beiden Routen b2) Messung der Beschleunigung und deskriptive Entscheidung über Befolgung b3) Messung des Ausweichzeitpunkts und deskriptive Entscheidung über Befolgung b4) Erfassung des befahrenen Fahrstreifens und deskriptive Entscheidung über Befolgung b5) Messung der Betätigung des Warnblinkers und deskriptive Entscheidung über Befolgung b6) Messung der Geschwindigkeit und deskriptive Entscheidung über Befolgung	a) Fahrerurteil b1) GNSS-Position [KoordinatenGNSS-PositionKoordinaten]; Blinkerstatus [-]; Lenkwinkel [°]; Beschleunigung [m/s <sup>2</sup> ]; Geschwindigkeit [m/s] b2) Beschleunigung [m/s <sup>2</sup> ]; Zeit [s] b3) GNSS-Position [Koordinaten]; Lenkwinkel [°]; Zeit [s] b4) GNSS-Position [Koordinaten]; Lenkwinkel [°]; Blinkernutzung [-] b5) Warnblinkernutzung [-]; Zeit [s] b6) Geschwindigkeit [m/s] c) Anzahl [-] d) Zeit [s] e) Anzahl [-]	

<sup>6</sup> Erste Sammlung (noch zu ergänzen)



ID	Validierungsziel	Validierungsmetrik	Validierungsmethode	Messgrößen <sup>6</sup>	Beschreibung
			c) Auswertung von Nutzungsprofilen d) Auswertung von Nutzungsprofilen e) Auswertung von Nutzungsprofilen		
<b>Fahreffizienz</b>					
FE.01	Änderung der Reisezeit	Differenz der Summe der (Teil-) Reisezeiten	Messung der Reisezeiten	Reisezeit [s], Zeitstempel [s], Weg [m], GNSS-Position [Koordinaten]	Zeit, die benötigt wird, um von einem definierten Punkt A zu einem definierten Punkt B zu gelangen
FE.02	Änderung der Verlustzeit	Differenz der Summe der Verlustzeiten	Berechnung der Verlustzeiten als Differenz aus gemessener Reisezeit und berechneter idealer Reisezeit	Reisezeit [s], Zeitstempel [s], Weg [m], GNSS-Position [Koordinaten]	Die ideale Reisezeit ist die Zeitdauer, die für das Durchfahren eines Streckenabschnitts (von Punkt A nach Punkt B) ohne jegliche Beeinträchtigung (z.B. durch Lichtsignalanlagen oder andere Verkehrsteilnehmer) und unter Beachtung der maximal zulässigen Geschwindigkeit erreicht werden kann.
FE.03	Änderung des Geschwindigkeitsprofils	a) Differenz der Streuung der Geschwindigkeiten b) Vergleich der Histogramme verschiedener Geschwindigkeitsbereiche (z.B. Abstufung in 10km/h-Schritten)	Statistische Auswertung von Geschwindigkeitsprofilen (Geschwindigkeit über die Zeit und/oder über den Weg)	Geschwindigkeit [m/s], Zeitstempel [s], Weg [m], GNSS-Position [Koordinaten]	
FE.04	Änderung der Anzahl der Halte	Differenz der Anzahl der Halte	Auswertung von Geschwindigkeitsprofilen	Geschwindigkeit [m/s], Zeitstempel [s], Weg [m], GNSS-Position [Koordinaten]	
FE.05	Änderung des Kraftstoffverbrauchs	Differenz des Kraftstoffverbrauchs	Messung des Kraftstoffverbrauchs	Kraftstoffmenge [l], Zeitstempel [s], Weg [m], GNSS-Position [Koordinaten]	Kraftstoffverbrauch pro gefahrenem km, oder über Teil-/ Gesamtstrecke(n) bzw. pro Fahraufgabe
FE.06	Änderung der Gesamtwegstrecke	Differenz der Summe der (Teil-) Streckenlängen	Streckenmessung (Streckenlänge)	Zeitstempel [s], Weg [m], GNSS-Position [Koordinaten]	Länge des zurückgelegten Wegs entlang einer Route, ggf. zusammengesetzt aus Einzelstrecken (z.B. Fahrtstrecke, Fußweg)



ID	Validierungsziel	Validierungsmetrik	Validierungsmethode	Messgrößen <sup>6</sup>	Beschreibung
<b>Verkehrseffizienz</b>					
VE.01	Änderung der Reisezeiten	<i>siehe FE.01</i>			
VE.02	Änderung der Varianz der Reisezeiten	Differenz der Varianzen der Reisezeiten	Messung der Reisezeiten und Berechnung der Varianzen	Reisezeit [s], Zeitstempel [s], Weg [m], GNSS-Position [Koordinaten]	Streuung der Reisezeiten auf einem Abschnitt (von Punkt A nach Punkt B) zu einem festgelegten Abfahrzeitintervall
VE.03	Änderung der Verlustzeiten	<i>siehe FE.02</i>			
VE.04	Kapazitätsveränderung	Differenz der Kapazitäten	Messung der Verkehrsstärken und (lokalen) Geschwindigkeiten in Bereichen kritischer Verkehrsdichten; Ermittlung der Kapazitäten	Verkehrsstärke [Fz/h], Geschwindigkeit [m/s], Zeitstempel [s], Weg [m], GNSS-Position [Koordinaten]	Kapazität = Maximale Verkehrsstärke, die unter bestimmten Verkehrs-, Umfeld- und Kontrollbedingungen erreicht werden kann
VE.05	Harmonisierung des Verkehrsablaufs	a) Differenz der Streuung der streckenbezogenen Geschwindigkeiten und Nettozeitlücken b) Differenz der Streuung der querschnittsbezogenen Geschwindigkeiten und Nettozeitlücken c) Vergleich der jeweiligen Histogramme verschiedener Geschwindigkeitsbereiche (z.B. Abstufung in 10km/h-Schritten) und und Nettozeitlücken aus a und/oder b	Messung der Geschwindigkeiten und statistische Auswertung; a) Messung der Abstände, Berechnung der Nettozeitlücken und statistische Auswertung b) Messung der Nettozeitlücken und statistische Auswertung	Geschwindigkeit [m/s] a) streckenbezogen b) querschnittsbezogen (fahrstreifenfein), Nettozeitlücken [s], Abstand zum Vorderfahrzeug [m], Zeitstempel [s], Weg [m], GNSS-Position [Koordinaten]	Verteilung der Geschwindigkeiten in einem Zeitintervall, auf einem Streckenabschnitt oder bezogen auf unterschiedliche Fahrstreifen.
VE.06	Änderung der Anzahl der Halte	<i>siehe FE.04</i>			
VE.07	Änderung des Kraftstoffverbrauchs	<i>siehe FE.05</i>			
VE.08	Änderung der Gesamtwegstrecke	<i>siehe FE.06</i>			



ID	Validierungsziel	Validierungsmetrik	Validierungsmethode	Messgrößen <sup>6</sup>	Beschreibung
<b>Fahrsicherheit</b>					
FS.01	Änderung des Abstandsverhaltens	Differenz von: TTC, Nettozeitlücke, Abständen	Messung des Abstands zum Vorderfahrzeug und der eigenen Geschwindigkeit; Berechnung von TTCs und Nettozeitlücken und Abstand zum Ereignis (z.B. Hindernis, Stauende, ...) (zeitlich hochaufgelöst)	Abstand zum Vorderfahrzeug [m], Geschwindigkeit [m/s], Zeitstempel [s], Weg [m], GNSS-Position [Koordinaten], GNSS-Position des Ereignisses [Koordinaten]	
FS.02	Änderung des Beschleunigungsverhaltens	Differenz von: maximaler Längsbeschleunigung, mittlerer Längsbeschleunigung	a) Messung der Längsbeschleunigung b) Berechnung der Längsbeschleunigung aus gemessenen Geschwindigkeiten	Geschwindigkeit [m/s], Längsbeschleunigung [m/s <sup>2</sup> ], Zeitstempel [s], Weg [m], GNSS-Position [Koordinaten]	
FS.03	Änderung der Häufigkeit kritischer Fahrsituationen	a) Differenz von: Anzahl der Unter- bzw. Überschreitung kritischer Werte von TTC, Nettozeitlücken, Abständen, Beschleunigungen und/oder Geschwindigkeiten, ... b) Differenz von Beinahe-Kollisionen c) Differenz von Kollisionen d) Differenz von: Verstößen gegen die StVO, Sicherungsverhalten, Kommunikationsverhalten e) Differenz von: Genauigkeit der Spurhaltung	a) Auswertung von TTCs, Nettozeitlücken, Abständen, Geschwindigkeiten und Beschleunigungen in Bezug auf die Unter- bzw. Überschreitung kritischer Werte b) Auswertung von TTCs, Abständen, Geschwindigkeiten, Fahrverhaltensbeobachtung c) Manuelle Zählung d) Fahrverhaltensbeobachtung e) Fahrverhaltensbeobachtung; Ermittlung aus Position des Fahrzeugs in Bezug zur Fahrstreifenmitte	Abstand zum Vorderfahrzeug [m], Geschwindigkeit [m/s], Zeit [s], Weg [m], GNSS-Position [Koordinaten], GNSS-Position des Ereignisses [Koordinaten], Bremsdruck [Pa], Lenkradeinschlag [°], Radeinschlag [°], Blinkerstatus, Querschleunigung [m/s <sup>2</sup> ], ...	
FS.04	Änderung des Reaktionsverhaltens	Differenz von: Beschleunigungs-/ Verzögerungs-Zeitpunkten, Ausweichzeitpunkten, Fahrstreifenwechselzeitpunkten	Auswertung von TTCs, Nettozeitlücken, Abständen zu Fahrzeugen bzw. Ereignissen, Geschwindigkeiten, Beschleunigungen, Fahrstreifenwechseln, Bremsdrücken, ...	Abstand zum Vorderfahrzeug [m], Geschwindigkeit [m/s], Zeit [s], Weg [m], GNSS-Position [Koordinaten], GNSS-Position des Ereignisses [Koordinaten], Bremsdruck [Pa], Lenkradeinschlag [°], Radeinschlag [°], Blinkerstatus, Längsbeschleunigung [m/s <sup>2</sup> ], Querschleunigung [m/s <sup>2</sup> ], ...	
FS.05	Änderung des Geschwindigkeitsverhaltens	Differenz von Geschwindigkeiten	Messung und Vergleich von Geschwindigkeitsprofilen bzw. Durchschnittsgeschwindigkeiten in bestimmten Abschnitten (z.B. Kurz vor Stauende)	Geschwindigkeit [m/s], Längsbeschleunigung [m/s <sup>2</sup> ], Querschleunigung [m/s <sup>2</sup> ],	



ID	Validierungsziel	Validierungsmetrik	Validierungsmethode	Messgrößen <sup>6</sup>	Beschreibung
<b>Verkehrssicherheit</b>					
VS.01	Änderung des Abstandsverhaltens	siehe FS.01			
VS.02	Änderung des Beschleunigungsverhaltens	siehe FS.02			
VS.03	Änderung der Häufigkeit kritischer Verkehrssituationen	siehe FS.03			
VS.04	Harmonisierung des Verkehrsablaufs	siehe VE.05			
VS.05	Änderung des Reaktionsverhaltens	siehe FS.04			
VS.06	Änderung des Geschwindigkeitsverhaltens	siehe FS.05			
<b>Benutzbarkeit</b>					
B.01	Verständlichkeit	1. Iteration: Expertenurteil 2. Iteration: Probandenreaktion und -urteil 3. Iteration: Performanzmessung und Haupt- und Nebenaufgabe 4. Iteration: a) Performanzmessung in Fahraufgabe und Benutzung des Systems; b) Testfahrt-Bericht	1. Iteration: Expertenbeurteilung 2. Iteration: Explorative Evaluation mit Probanden 3. Iteration:; Doppelaufgabenexperiment im Labor 4. Iteration: a) Simulationsexperiment; b) Fahrttests mit Expertenfahrern	1. Iteration: Vorhandensein bzw. Wertigkeit potenzieller Probleme; Abweichung von Normen und Standard-Technik 2. Iteration: Übereinstimmung von erwarteten und tatsächlichen Reaktionen auf kontrollierte Darbietung / Konfrontation 3. Iteration: Performanz und Performanzunterschiede in verschiedenen Bedingungen der Haupt- und Nebenaufgabe 4. Iteration: a) Performanz in der Fahraufgabe und Benutzung des Systems (Vergleich zu einer Baseline); b) Vorhandensein bzw. Wertigkeit potenzieller Probleme	
B.02	Erlernbarkeit				
B.03	Bedienbarkeit				
B.04	Konformität				

### 3 Resultate

Mit Deliverable D12.2 hat AP12 technische und nicht-technische Validierungsziele und deren Metriken und Methoden für alle sim<sup>TD</sup> Funktionen definiert. Diese sind ergänzt um technische Validierungsziele für das Gesamtsystem und die Komponenten der sim<sup>TD</sup> Plattform.

Diese Validierungsziele, Metriken und Methoden bieten nun insbesondere die Basis zur Definition und Spezifikation von Test- und Versuchsfällen in AP13. D12.2 ist allerdings auch für andere AP in sim<sup>TD</sup> von Interesse. Hervorgehoben seien hier AP24 zur Konzeption der einzusetzenden Messtechnik und natürlich auch TP5 zur finalen Bewertung der in sim<sup>TD</sup> erzielten Ergebnisse.

Mit diesem Dokument werden im Detail ca. 300 technische und nicht-technische Validierungsziele definiert:

Tabelle 3.1: Übersicht über Anzahl der Validierungsziele je Kategorie

Kategorie der Validierungsziele	Anzahl
Technische Validierungsziele – Funktionen (übergeordnet)	21
Technische Validierungsziele – Funktionen (spezifisch) (nur hohe und mittlere Priorisierung)	146
Technische Validierungsziele – Gesamtsystem und Komponenten	>> 100
Technische Validierungsziele – IT-Sicherheit	10
Nicht-technische Validierungsziele – Funktionen	32

#### Schlussfolgerung

Würde zu jedem in D12.2 definierten Validierungsziel in jeder funktions- bzw. komponentenspezifischen Ausprägung auch ein Testfall spezifiziert werden, müssten voraussichtlich weit über 1.000 Test- und Versuchsfälle angelegt werden.

Da dies nach AP12-Ermessen den finanziellen und zeitlichen Rahmen innerhalb von sim<sup>TD</sup> sprengen dürfte, ist eine Fokussierung auf die unbedingt erforderlichen Tests und Versuche (einschließlich von Simulationen) dringend angeraten. Eine Priorisierung von Test- und Versuchsfällen ist in AP13 bereits geplant.



## Anhang 1: Priorisierungsmatrix

Qualitätskategorie	Priorität nach Funktion																				
	Verkehr												Fahren und Sicherheit								Erg. Dienste
	1.1.1	1.1.2	1.1.3	1.1.4	1.1.5	1.2.1	1.2.2	1.2.3	1.3.1	1.3.2	1.3.3	2.1.1	2.1.2	2.1.3	2.1.4	2.2.1	2.2.2	2.2.3	2.2.4	3.1.1	3.1.2
<b>Funktionalität</b>																					
Angemessenheit																					
Richtigkeit																					
Interoperabilität																					
Sicherheit (IT Sicherheit)													übergreifend								
Ordnungsmäßigkeit													übergreifend								
<b>Zuverlässigkeit</b>																					
Reife													übergreifend								
Fehlertoleranz																					
Robustheit																					
Wiederherstellbarkeit													übergreifend								
Konformität																					
<b>Effizienz</b>																					
Zeitverhalten																					
Verbrauchsverhalten													übergreifend								
<b>Änderbarkeit</b>																					
Analysierbarkeit													übergreifend								
Modifizierbarkeit																					
Stabilität													übergreifend								
Testbarkeit																					

Legende:

hoch	mittel	gering
------	--------	--------



Qualitätskategorie	Priorität nach Funktion																				
	Verkehr										Fahren und Sicherheit								Erg. Dienste		
	1.1.1	1.1.2	1.1.3	1.1.4	1.1.5	1.2.1	1.2.2	1.2.3	1.3.1	1.3.2	1.3.3	2.1.1	2.1.2	2.1.3	2.1.4	2.2.1	2.2.2	2.2.3	2.2.4	3.1.1	3.1.2
<b>Übertragbarkeit</b>																					
Anpassbarkeit																					
Installierbarkeit																					
Koexistenz	übergreifend																				
Austauschbarkeit																					
Konformität																					
<b>Nutzungseigenschaften</b>																					
Betriebssicherheit	übergreifend																				

Legende: 

hoch	mittel	gering
------	--------	--------



## Literatur

- [1] ISO/IEC 9126-1:2001 "Software engineering -- Product quality -- Part 1: Quality model"  
[http://www.iso.org/iso/iso\\_catalogue/catalogue\\_tc/catalogue\\_detail.htm?csnumber=2749](http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=2749) (5. Aug 2009)
- [2] ISO/IEC 9126-2:2003 "Software engineering -- Product quality -- Part 2: External Metrics"  
[http://www.iso.org/iso/iso\\_catalogue/catalogue\\_tc/catalogue\\_detail.htm?csnumber=2750](http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=2750) (5. Aug 2009)
- [3] ISO/IEC 9126-3:2003 "Software engineering -- Product quality -- Part 3: Internal Metrics"  
[http://www.iso.org/iso/iso\\_catalogue/catalogue\\_tc/catalogue\\_detail.htm?csnumber=2891](http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=2891) (5. Aug 2009)
- [4] ISO/IEC 9126-4:2004 "Software engineering -- Product quality -- Part 4: Quality in use metrics"  
[http://www.iso.org/iso/iso\\_catalogue/catalogue\\_tc/catalogue\\_detail.htm?csnumber=39752](http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=39752) (5. Aug 2009)
- [5] The V-Modell<sup>®</sup> XT, <http://v-modell.iabg.de/v-modell-xt-html-english/index.html>, 2009
- [6] sim<sup>TD</sup>, Deliverable D11.4: Anforderungen an das Gesamtsystem
- [7] sim<sup>TD</sup>, Deliverable D12.1: sim<sup>TD</sup> Validierungsziele
- [8] sim<sup>TD</sup>, Deliverable D12.2\_Anlage: „D12.2\_Anlage1\_tVZ\_Metriken\_Methoden.xls“  
Exceltabelle mit den technischen Validierungs- und Optimierungszielen sowie mit den dazugehörigen Methoden und Metriken.
- [9] sim<sup>TD</sup>, Deliverable D5.1: sim<sup>TD</sup> Anforderungskatalog an den Feldtest

## Abkürzungen

AP	Arbeitspaket (in sim <sup>TD</sup> )
EFZ	Einsatzfahrzeug
FET	Funktionsentwicklungsteam
HF	Hauptfunktion (in sim <sup>TD</sup> )
ID	Identifikator oder auch Identifikationsnummer
IRS	ITS Roadside Station
ITS	Intelligent Transportation System
IVS	ITS Vehicle Station
n.a.	„nicht anzuwenden“
ntVZ	nicht-technisches Validierungsziel
TP	Teilprojekt (in sim <sup>TD</sup> )
tVZ	technisches Validierungsziel
VHB	Vorhabensbeschreibung sim <sup>TD</sup>
VZ	Validierungsziel

## Glossar

Generell wird auf das sim<sup>TD</sup> übergreifende Glossar verwiesen. Zur besseren Verständlichkeit sind nachfolgend wichtige Begriffe in Bezug auf die Validierungsziele erläutert. Das übergreifende Glossar kann bei Bedarf über das Projektbüro bezogen werden.

### Qualitätskriterien zur Produktqualität

Tabelle 3.2: Qualitätskriterien zur Produktqualität

Qualitätskategorie	Beschreibung
<b>Funktionalität</b>	Inwieweit besitzt die Software die geforderten Funktionen? - Vorhandensein von Funktionen mit festgelegten Eigenschaften. Diese Funktionen erfüllen die definierten Anforderungen.
<b>Angemessenheit</b>	Eignung von Funktionen für spezifizierte Aufgaben, z. B. aufgabenorientierte Zusammensetzung von Funktionen aus Teilfunktionen.
<b>Richtigkeit</b>	Liefen der richtigen oder vereinbarten Ergebnisse oder Wirkungen, z. B. die benötigte Genauigkeit von berechneten Werten.
<b>Interoperabilität</b>	Fähigkeit, mit vorgegebenen Systemen zusammenzuwirken.
<b>Sicherheit (IT Sicherheit)</b>	Fähigkeit, unberechtigten Zugriff, sowohl versehentlich als auch vorsätzlich, auf Programme und Daten zu verhindern.
<b>Ordnungsmäßigkeit</b>	Merkmale von Software, die bewirken, dass die Software anwendungsspezifische Normen oder Vereinbarungen oder gesetzliche Bestimmungen und ähnliche Vorschriften erfüllt.
<b>Zuverlässigkeit</b>	Kann die Software ein bestimmtes Leistungsniveau unter bestimmten Bedingungen über einen bestimmten Zeitraum aufrechterhalten? - Fähigkeit der Software, ihr Leistungsniveau unter festgelegten Bedingungen über einen festgelegten Zeitraum zu bewahren.
<b>Reife</b>	Geringe Versagenshäufigkeit durch Fehlerzustände.
<b>Fehlertoleranz</b>	Fähigkeit, ein spezifiziertes Leistungsniveau bei Software-Fehlern oder Nicht-Einhaltung ihrer spezifizierten Schnittstelle zu bewahren.
<b>Robustheit</b>	Fähigkeit, ein stabiles System bei Eingaben zu gewährleisten, die gar nicht vorgesehen sind. Die Software hält DAUs („Dümmster Anzunehmender User“) stand.
<b>Wiederherstellbarkeit</b>	Fähigkeit, bei einem Versagen das Leistungsniveau wiederherzustellen und die direkt betroffenen Daten wiederzugewinnen. Zu berücksichtigen sind die dafür benötigte Zeit und der benötigte Aufwand.
<b>Konformität</b>	Grad, in dem die Software Normen oder Vereinbarungen zur Zuverlässigkeit erfüllt.
<b>Kontrollierbarkeit</b>	Grad in dem sich das Gesamtsystem Fahrzeug auch bei Ausfall der Funktion kontrollieren lässt.
<b>Effizienz</b>	Wie liegt das Verhältnis zwischen Leistungsniveau der Software und eingesetzten Betriebsmitteln? - Verhältnis zwischen dem Leistungsniveau der Software und dem Umfang der eingesetzten Betriebsmittel unter festgelegten Bedingungen.
<b>Zeitverhalten</b>	Antwort- und Verarbeitungszeiten sowie Durchsatz bei der Funktionsausführung.

Qualitätskategorie	Beschreibung
<b>Verbrauchsverhalten</b>	Anzahl und Dauer der benötigten Betriebsmittel bei der Erfüllung der Funktionen. Ressourcenverbrauch, wie CPU-Zeit, Festplattenzugriffe usw.
<b>Konformität</b>	Grad, in dem die Software Normen oder Vereinbarungen zur Effizienz erfüllt.
<b>Änderbarkeit</b>	Welchen Aufwand erfordert die Durchführung vorgegebener Änderungen an der Software? - Aufwand, der zur Durchführung vorgegebener Änderungen notwendig ist. Änderungen können Korrekturen, Verbesserungen oder Anpassungen an Änderungen der Umgebung, der Anforderungen oder der funktionalen Spezifikationen einschließen.
<b>Analysierbarkeit</b>	Aufwand, um Mängel oder Ursachen von Versagen zu diagnostizieren oder um änderungsbedürftige Teile zu bestimmen.
<b>Modifizierbarkeit</b>	Aufwand zur Ausführung von Verbesserungen, zur Fehlerbeseitigung oder Anpassung an Umgebungsänderungen.
<b>Stabilität</b>	Wahrscheinlichkeit des Auftretens unerwarteter Wirkungen von Änderungen.
<b>Testbarkeit</b>	Aufwand, der zur Prüfung der geänderten Software notwendig ist.
<b>Übertragbarkeit</b>	Wie leicht lässt sich die Software in eine andere Umgebung übertragen? - Eignung der Software, von der Umgebung in eine andere übertragen werden zu können. Umgebung kann organisatorische Umgebung, Hardware- oder Software-Umgebung sein.
<b>Anpassbarkeit</b>	Fähigkeit der Software, diese an verschiedene Umgebungen anzupassen.
<b>Installierbarkeit</b>	Aufwand, der zum Installieren der Software in einer festgelegten Umgebung notwendig ist.
<b>Koexistenz</b>	Fähigkeit der Software neben einer anderen mit ähnlichen oder gleichen Funktionen zu arbeiten.
<b>Austauschbarkeit</b>	Möglichkeit, diese Software anstelle einer spezifizierten anderen in der Umgebung jener Software zu verwenden, sowie der dafür notwendige Aufwand.
<b>Konformität</b>	Grad, in dem die Software Normen oder Vereinbarungen zur Übertragbarkeit erfüllt.
<b>Betriebssicherheit</b>	Grad in dem der Ausfall des Systems die Betriebssicherheit des Fahrzeuges gefährdet.

## Validierungsziel

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.

## **Optimierungsziel**

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.

## **Charakterisierungsziel**

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.