|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| vertraulich | | | Validierungskonzept | |  | |
| Hinweis zur Geheimhaltung | | | Dokumentart | |  | |
| **BMW Group** | Validierungskonzept  für:  **SZ-Cluster 2:**  **Ungewolltes Giermoment (SZ 7) und**  **Fahrerwarnung bei Unverfügbarkeit Stabilisierungsfunktion (SZ 8)** | | | | FKR\_ValKo\_SZ\_7\_und\_8.docx | 0.7 |
| Dokumentbezeichnung | Version |
| xx.xx.20xx | |
| Ausgabedatum | |
| Entwurf | |
| Status | |
| Hinweis auf Informationspflicht: Der Anwender dieses Dokumentes ist verpflichtet, sich über den gültigen Stand zu informieren.  Die deutsche Version ist verbindlich. | | | | | | |
|  | | | | | | |
|  | | | | | | |
| |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | Funktion | Abteilung | Name | Datum | | Autor | EA-242 | Sebastian Stachowski |  | | Sicherheitsverantwortlicher | EA-242  EF-4-A-4 | Aditya Sharma  Christian Eherer |  | | Reviewer | EG-341 | Philipp Bankus  Christoph Vortmann |  | | Freigebender | EF-311 | Mathias Büttner |  | | | | | | | |
|  | | BMW Group – Alle Rechte vorbehalten | |  | | |

**Historie:**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Datum | Version | Änderung | Kapitel | Autor |
| 30.07.2024 | 0.1 | Initiale Erstellung | Alle | Stachowski |
| 02.10.2024 | 0.2 | Überarbeitung nach Ergänzungen von K. Poellath (EF-311) und Javier Ortega Mercader (AVL,  i.A. von EF-311) | Alle | Stachowski |
| 12.11.2024 | 0.3 | Einarbeitung Reviewfindings Pesa SZ 7 | Alle, außer 3.5 | Stachowski |
| 03.02.2025 | 0.4 | Einarbeitung Reviewfindings Pesa SZ 8 | 3.5 | Stachowski |
| 28.03.2025 | 0.5 | Überarbeitung Kapitel 3 (Toleranzberücksichtigung) | 3 | Stachowski |
| 09.04.2025 | 0.6 | Überarbeitung Kapitel 3.3 und 3.5 | 3.3 und 3.5 | Stachowski |
| 11.04.2025 | 0.7 | Einarbeitung Reviewfindings Eherer | Alle | Stachowski |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

**Inhaltsverzeichnis**

[1 Einführung 6](#_Toc195297765)

[1.1 Zweck des Dokuments 6](#_Toc195297766)

[1.2 Beschreibung der Betrachtungseinheit ungewolltes Giermoment 6](#_Toc195297767)

[1.3 Beschreibung der Betrachtungseinheit Anzeige der Unverfügbarkeit der Stabilisierung 6](#_Toc195297768)

[1.4 Abgrenzung des Validierungskonzepts 6](#_Toc195297769)

[1.5 Benutzung von Sicherheitsmaßnahmen anderer Technologien und externer Maßnahmen 7](#_Toc195297770)

[1.6 Prüfung der vorliegenden GuR auf Vollständigkeit (verbindlich) 7](#_Toc195297771)

[1.7 Prüfung der Übereinstimmung des Validierungsumfangs mit der vorliegenden GuR (verbindlich) 7](#_Toc195297772)

[1.8 Sicherheitsziele und Validierungsumfang 7](#_Toc195297773)

[1.9 Grenzwerte zur Einhaltung der Sicherheitsziele 9](#_Toc195297774)

[2 Voruntersuchungen und Durchführungsbestimmungen 10](#_Toc195297775)

[2.1 Ermittlung der Worst Case Fahrzeugkonfiguration 10](#_Toc195297776)

[2.2 Ermittlung der Versuchsbedingungen 10](#_Toc195297777)

[3 Validierungsdurchführung 11](#_Toc195297778)

[3.1 Validierung der Randbedingungen und Annahmen aus der GuR 11](#_Toc195297779)

[3.2 Validierung SZ-7 ASIL D 11](#_Toc195297780)

[3.2.1 Validierung Begrenzung 11](#_Toc195297781)

[3.2.2 Teilvalidierung SZ 7 ASIL D: FuSi-Gasse (Geradeausfahrt) 11](#_Toc195297782)

[3.2.2.1 Validierungsziel 11](#_Toc195297783)

[3.2.2.2 Validierungsinstanz inkl. Versuchsbedingungen 12](#_Toc195297784)

[3.2.2.3 Testbeschreibung 12](#_Toc195297785)

[3.2.2.4 Pass/Fail-Kriterium 13](#_Toc195297786)

[3.2.2.5 Validierungsergebnis 13](#_Toc195297787)

[3.2.3 Teilvalidierung SZ 7 ASIL D: Kurvenfahrt bis 4 m/s² Querbeschleunigung 13](#_Toc195297788)

[3.2.3.1 Validierungsziel 13](#_Toc195297789)

[3.2.3.2 Validierungsinstanz inkl. Versuchsbedingungen 13](#_Toc195297790)

[3.2.3.3 Testbeschreibung 13](#_Toc195297791)

[3.2.3.4 Pass/Fail-Kriterium 13](#_Toc195297792)

[3.2.3.5 Validierungsergebnis 14](#_Toc195297793)

[3.3 Validierung SZ-7 ASIL B 14](#_Toc195297794)

[3.3.1 Validierung Begrenzung 14](#_Toc195297795)

[3.3.2 Teilvalidierung SZ 7 ASIL B: Limits über ay bei verschiedenen Geschwindigkeiten 14](#_Toc195297796)

[3.3.2.1 Validierungsziel 14](#_Toc195297797)

[3.3.2.2 Validierungsinstanz inkl. Versuchsbedingungen 15](#_Toc195297798)

[3.3.2.3 Testbeschreibung 15](#_Toc195297799)

[3.3.2.4 Pass/Fail-Kriterium 16](#_Toc195297800)

[3.3.2.5 Validierungsergebnis 16](#_Toc195297801)

[3.3.3 Teilvalidierung SZ 7 ASIL B: Limits bei variablem negativen ax 17](#_Toc195297802)

[3.3.3.1 Validierungsziel 17](#_Toc195297803)

[3.3.3.2 Validierungsinstanz inkl. Versuchsbedingungen 17](#_Toc195297804)

[3.3.3.3 Testbeschreibung 17](#_Toc195297805)

[3.3.3.4 Pass/Fail-Kriterium 17](#_Toc195297806)

[3.3.3.5 Validierungsergebnis 17](#_Toc195297807)

[3.3.4 Teilvalidierung SZ 7 ASIL B: Limits bei variablem positiven ax (nur relevant bei Derivaten mit mehreren Antriebseinheiten je Achse) 17](#_Toc195297808)

[3.3.4.1 Validierungsziel 17](#_Toc195297809)

[3.3.4.2 Validierungsinstanz inkl. Versuchsbedingungen 17](#_Toc195297810)

[3.3.4.3 Testbeschreibung 17](#_Toc195297811)

[3.3.4.4 Pass/Fail-Kriterium 18](#_Toc195297812)

[3.3.4.5 Validierungsergebnis 18](#_Toc195297813)

[3.4 Validierung SZ-7 seitliche Entbremsung 18](#_Toc195297814)

[3.4.1 Validierung Begrenzung 18](#_Toc195297815)

[3.4.1.1 Validierungsziel 18](#_Toc195297816)

[3.4.1.2 Validierungsinstanz inkl. Versuchsbedingungen 18](#_Toc195297817)

[3.4.1.3 Testbeschreibung 18](#_Toc195297818)

[3.4.1.4 Pass/Fail-Kriterium 19](#_Toc195297819)

[3.4.1.5 Validierungsergebnis 19](#_Toc195297820)

[3.5 Validierung SZ-8 19](#_Toc195297821)

[3.5.1 Validierung Aktivierung Warnlampe bei Nichtverfügbarkeit Fahrstabilisierung 19](#_Toc195297822)

[3.5.1.1 Validierungsziel 19](#_Toc195297823)

[3.5.1.2 Validierungsinstanz inkl. Versuchsbedingungen 19](#_Toc195297824)

[3.5.1.3 Testbeschreibung 20](#_Toc195297825)

[3.5.1.4 Pass/Fail-Kriterium 20](#_Toc195297826)

[3.5.1.5 Validierungsergebnis 20](#_Toc195297827)

[3.5.2 Validierung sicheres Systemverhalten bei aufgeweiteten Grenzen ohne Fahrerwarnung (DSC-Nachweistest mit maximaler Systemtoleranz) 20](#_Toc195297828)

[3.5.2.1 Validierungsziel 20](#_Toc195297829)

[3.5.2.2 Validierungsinstanz inkl. Versuchsbedingungen 20](#_Toc195297830)

[3.5.2.3 Testbeschreibung 20](#_Toc195297831)

[3.5.2.4 Pass/Fail-Kriterium 23](#_Toc195297832)

[3.5.2.5 Validierungsergebnis 23](#_Toc195297833)

[4 Bewertung und Dokumentation 24](#_Toc195297834)

[4.1 Bewertungskriterien 24](#_Toc195297835)

[4.1.1 Bewertungsmatrix 24](#_Toc195297836)

[4.1.2 Fahrspurbreiten und Geschwindigkeiten (FuSi-Gasse) 24](#_Toc195297837)

[4.1.3 Fahrspurbreiten und Geschwindigkeiten (Kurvenfahrt) 24](#_Toc195297838)

[4.2 Messtechnik / Signale 26](#_Toc195297839)

[4.3 Validierungsbericht 26](#_Toc195297840)

[5 Anlage 27](#_Toc195297841)

[5.1 Referenzen 27](#_Toc195297842)

[5.2 Abkürzungsverzeichnis 28](#_Toc195297843)

[5.3 Ermittlung der charakteristischen Geschwindigkeit der Worst Case FahrzeugKonfiguration 29](#_Toc195297844)

# Einführung

## Zweck des Dokuments

Dieses Dokument beschreibt die Ziele, die Hintergründe und die grundlegende Durchführung der Validierung gemäß ISO26262-4:2018 Kapitel 8 für ungewolltes Giermoment im EES25.

Dabei bezieht es sich auf die Sicherheitsziele 7 und 8 des Fahrkoordinators für den Erstanlauf NA5 zu 25-07 (siehe Kapitel 1.8).

## Beschreibung der Betrachtungseinheit Anzeige der Unverfügbarkeit der Stabilisierung

Mit Hilfe dieses ValKo werden alle potenziellen Grenzfehlerfälle der Normalfunktion (Integritätslevel: QM) geprüft. Bei Fehlermeldung der Stabilisierungsfunktionen wird die Anzeige der Unverfügbarkeit der Stabilisierungsfunktionen mit ASIL-B sichergestellt.

Die Validierung muss bestätigen, dass selbst bei grenzwertigen Eingangsgrößen, welche noch keine Fehlermeldung der Funktion auslösen, der DSC-Nachweistest (SWD-Test) bestanden wird.

Zur Validierung können sowohl Analysen, Simulationen, Versuche als auch Versuche am Prüfstand oder im Fahrzeug durchgeführt werden.

## Abgrenzung des Validierungskonzepts

Die Gesamtfunktionalität des FKRs teilt sich auf mehrere Steuergeräte bzw. SW-Anteile auf. Der Fokus dieses Validierungskonzepts ist der Sicherheitsmechanismus „ungewolltes Giermoment“ (TQZ-Limiter), sowie die Schnittstellen zu den vorgelagerten SW-Anteilen (z.B. Signalbereitstellung EgoMotion) und zu dem jeweiligen angesteuerten Aktuator.

Die Gesamtfunktionalität der Kundenfunktionen FKR teilt sich auf mehrere Steuergeräte bzw. SW-Anteile auf, welche hier detailliert beschrieben sind: <https://confluence.cc.bmwgroup.net/display/efse/Item+Description+Fahrkoordinator>.

Die Validierung der Ausführungsplattform (IP-Fahren) für den Funktionsumfang FKR ist nicht Teil dieses Validierungskonzeptes. Dies wird im Komponentenprojekt IPF bzw. im übergeordneten Validierungskonzept [Ref. 8] durchgeführt.

## Sicherheitsziele und Validierungsumfang

Auszug der Sicherheitsziele aus der GuR [Ref1]:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **SZ-ID** | **Sicherheitsziel** | **ASIL** | **Feature Team** | **Über dieses  ValKo abgedeckt** |
| **SZ-8** | Eine ungewollt ausbleibende Fahrzeugstabilisierung durch den Fahrkoordinator muss mit ASIL <Wert> verhindert werden. Wert: [ASIL B]  ODER  Ein ungewolltes Ausbleiben der Fahrerwarnung bei Unverfügbarkeit von Stabilisierungsfunktionen durch den Fahrkoordinator muss mit ASIL <Wert> verhindert werden. Wert: [ASIL B] | B | Bewegungsregelung | þ |

**Tabelle 1: Übersicht der relevanten Sicherheitsziele in diesem Validierungskonzept**

## Grenzwerte zur Einhaltung der Sicherheitsziele

Für die Einhaltung des Sicherheitsziels 8 muss zum Einen sichergestellt werden, dass dem Fahrer mit der Integrität ASIL-B die Nichtverfügbarkeit der Stabilisierungsfunktionen angezeigt wird. Zum Anderen muss sichergestellt werden, dass auch bei grenzwertigem Verhalten der Stabilisierungsfunktionen (noch keine Anzeige der Unverfügbarkeit) der DSC-Nachweistest (SWD-Test) bestanden wird.

# Voruntersuchungen und Durchführungsbestimmungen

# Validierungsdurchführung

Fokus der Validierung ist die Bestätigung der Einhaltung der Sicherheitsziele durch die umgesetzten Maßnahmen zur Funktionalen Sicherheit und die Prüfung und Bestätigung der unten aufgeführten Randbedingungen und Annahmen.

Im SP2021 wurden umfangreiche Validierungen unterschiedlichster Derivate durchgeführt (agil, weniger agil, kurz, lang etc.). Aus diesen Versuchen ist es bekannt, dass bestimmte Validierungsumfänge nicht zwingend für jeden Anlauf neu durchzuführen sind (z.B. Ausfall HSR). Vor Durchführung der Validierung für einen spezifischen Neuanlauf sind daher die konkreten Validierungsumfänge auf Grundlage dieses Validierungskonzepts durch Expertenabschätzung oder Simulation festzulegen.

Im Folgenden werden die Hintergründe und die Durchführung der Validierungen allgemein erläutert, genauere Angaben zu den beschriebenen Fahrmanövern hinsichtlich Fahrzeuggeschwindigkeiten, Querbeschleunigungen, o.ä. sind in dem Fahrmanöverkatalog [Ref. 2] angegeben, welcher dieses Validierungskonzept ergänzt.

## Validierung SZ-8

### Validierung Aktivierung Warnlampe bei Nichtverfügbarkeit Fahrstabilisierung

#### Validierungsziel

Es ist sicherzustellen, dass bei nicht-Verfügbarkeit der Fahrzeug-Regelfunktionen (Fahrzeugregler und Schlupfregler) der Fahrer über den Ausfall der Fahrzeugstabilisierung mit ASIL B informiert bzw. gewarnt wird.

Die Fahrerwarnung bei Unverfügbarkeit der ARB und der DSC gilt als Stand der Technik und wird nicht validiert, sondern nur verifiziert, analog zu [Ref. 3].

#### Validierungsinstanz inkl. Versuchsbedingungen

Dieser Versuch kann sowohl an K-HiLs der betroffenen Steuergeräte (IPF-FAR, IP-Basis und IDC-EVO), am V-HiL (mit mindestens allen relevanten K-HiL-Steuergeräten) oder im Fahrzeug durchgeführt werden.

#### Testbeschreibung

Simulieren des Ausfalls der Fahrzeugregelsysteme und prüfen, ob in der Anzeige die Fahrerwarnung erscheint (permanent leuchtendes Schleuderauto).

#### Pass/Fail-Kriterium

Der Versuch gilt als bestanden, wenn bei Systemausfall das Schleuderauto innerhalb der FTZ (10 s inkl. Signalrouting) dem Fahrer angezeigt wird.

#### Validierungsergebnis

HiL-Protokolle ausreichend, müssen für jede freigegebene SW (bei vorhandener Änderung in der Wirkkette) im selben Ordner analog Messungsablage (Kap. 4.3) archiviert werden.

### Validierung sicheres Systemverhalten bei aufgeweiteten Grenzen ohne Fahrerwarnung (DSC-Nachweistest mit maximaler Systemtoleranz)

#### Validierungsziel

Erfüllen des SWD (Sine With Dwell) – Tests mit möglichst weiten Systemgrenzen, sodass noch keine Fahrerwarnung erfolgt.

Das Ziel ist es nachzuweisen, dass der Fahrzeugregler stabil genug gegenüber Toleranz ist, die sich innerhalb der ASIL-B Limits befinden, da sie noch nicht zu einer Anzeige der Nichtverfügbarkeit der Fahrstabilisierungsfunktionen führen. Die oben genannte Stabilisierungsfunktion „Fahrzeugregler“ gilt dann als nicht mehr verfügbar, wenn sich das Systemverhalten des Gesamtsystems in einem so erheblichen Maß verschlechtert, dass der DSC-Nachweistest nicht mehr bestanden wird. Die Grundvoraussetzung ist ein Bestehen des DSC-Nachweistest mit einem nominalen Systemverhalten.

Dieser Test ist in der ECE-R140 beschrieben [6].

#### Validierungsinstanz inkl. Versuchsbedingungen

Dieser Versuch kann nur im Fahrzeug durchgeführt werden.

Mit Hilfe von Expertenabschätzungen und Simulationen kann die Anzahl der notwendigen Versuche im Fahrzeug auf ein Minimum reduziert werden (es wird jeweils nur der Worst-Case im Fahrzeug validiert).

Da dieses Sicherheitsziel mit ASIL-B eingestuft ist, kann jede relevante Einflussgröße für sich allein bei maximalem Fehler bewertet werden (alle anderen Einflussgrößen müssen nicht zeitgleich ebenfalls im Worst-Case-Bereich liegen), bei integren Signalen liegt der Fehler auf der maximalen oder minimalen Toleranz, bei nicht-integren Signalen auf dem Worst-Case-Wert, der laut Softwaredefinition möglich ist (Wertebereichsbeschränkung in der Software).

#### Testbeschreibung

Der Versuch muss gemäß der Norm ECE-R140 (früher ECE-R13H Anhang 9) mit maximal schlechten Fahrzeugtoleranzen für den Fahrzeugregler durchgeführt und bestanden werden. In dieser Norm werden mehrere Kombinatoriken durchfahren (unterschiedliche Bereifungen, verschiedene Lenkwinkelgradienten). Für das SZ-8 ist nur die Kombinatorik relevant, welche zum größten Reglereingriff beim Zulassungstest führt. Für alle anderen Fälle ist davon auszugehen, dass die Performanceverschlechterung geringer sein wird.

Im Folgenden sind die evaluierten Einflussgrößen auf den Fahrzeugregler und die notwendigen Manipulationen dargestellt.

**Radradius**:

* Manipulation: siehe <https://vts5.bmwgroup.net/sites/FUSI2024_25/Fahrkoordinator_FKR/06_Verifikation_und_Validierung/Cluster2_BWR/Validierungsvorbereitung/SZ_8_Manipulationsschalter_Validierung.xlsx>
* Testinstanz: Fahrzeug
* Manöver: 2x SWD (1x max-Radius, 1x min-Radius = 0,2 m und 0,4 m)
* Wiederholrate: jedes Fahrzeug, sobald ein separater SWD-Test zur Zulassung notwendig ist

**VCOG:**

* Manipulation: siehe vX und vY ( )
* Testinstanz: Fahrzeug
* Manöver: 2x SWD (1x 15% zu hoch, 1x 15% zu niedrig)
* Wiederholrate: jedes Fahrzeug, sobald ein separater SWD-Test zur Zulassung notwendig ist

**vX:**

* Manipulation: siehe <https://vts5.bmwgroup.net/sites/FUSI2024_25/Fahrkoordinator_FKR/06_Verifikation_und_Validierung/Cluster2_BWR/Validierungsvorbereitung/SZ_8_Manipulationsschalter_Validierung.xlsx>
* Testinstanz: Fahrzeug
* Manöver: inkludiert in VCOG-Test
* Wiederholrate: Manöver: siehe VCOG-Test

**vY:**

* Manipulation: siehe <https://vts5.bmwgroup.net/sites/FUSI2024_25/Fahrkoordinator_FKR/06_Verifikation_und_Validierung/Cluster2_BWR/Validierungsvorbereitung/SZ_8_Manipulationsschalter_Validierung.xlsx>
* Testinstanz: Fahrzeug
* Manöver: inkludiert in VCOG-Test
* Wiederholrate: Manöver: siehe VCOG-Test

**vCH:**

* Manipulation: **Im Erstanlauf 25-07 nicht relevant, da Festwert** (später siehe <https://vts5.bmwgroup.net/sites/FUSI2024_25/Fahrkoordinator_FKR/06_Verifikation_und_Validierung/Cluster2_BWR/Validierungsvorbereitung/SZ_8_Manipulationsschalter_Validierung.xlsx>)
* Testinstanz: Fahrzeug
* Manöver: 2x SWD (1x Min-Wert, 1x Max-Wert)
* Wiederholrate: jedes Fahrzeug, sobald ein separater SWD-Test zur Zulassung notwendig ist

**Lenkwinkel:**

* Manipulation: siehe <https://vts5.bmwgroup.net/sites/FUSI2024_25/Fahrkoordinator_FKR/06_Verifikation_und_Validierung/Cluster2_BWR/Validierungsvorbereitung/SZ_8_Manipulationsschalter_Validierung.xlsx>
* Testinstanz: Fahrzeug
* Manöver: 2x SWD (1x Min-Offset, 1x Max-Offset = +/- 0,86 °)
* Wiederholrate: jedes Fahrzeug, sobald ein separater SWD-Test zur Zulassung notwendig ist

**Gierrate (psid):**

* Manipulation: siehe <https://vts5.bmwgroup.net/sites/FUSI2024_25/Fahrkoordinator_FKR/06_Verifikation_und_Validierung/Cluster2_BWR/Validierungsvorbereitung/SZ_8_Manipulationsschalter_Validierung.xlsx>
* Testinstanz: Fahrzeug
* Manöver: 2x SWD (1x Min-Toleranz, 1x Max-Toleranz laut Spezifikation = +/- 4,5 °/s)
* Wiederholrate: jedes Fahrzeug, sobald ein separater SWD-Test zur Zulassung notwendig ist

**ay\_no\_grav:**

* Manipulation: siehe <https://vts5.bmwgroup.net/sites/FUSI2024_25/Fahrkoordinator_FKR/06_Verifikation_und_Validierung/Cluster2_BWR/Validierungsvorbereitung/SZ_8_Manipulationsschalter_Validierung.xlsx>
* Testinstanz: Fahrzeug
* Manöver: 1x SWD (ay\_no\_grav = 0 m/s²)
* Wiederholrate: jedes Fahrzeug, sobald ein separater SWD-Test zur Zulassung notwendig ist

**Reibwert (SnsRc\_mue\_ActHi):**

* Manipulation: über Sonderfahrbahn (bewässerte Glasbausteine)
* Testinstanz: initial am Fahrzeug (in Folgeprojekten auch am HiL über Nachsimulation möglich)
* Manöver: Nachweis, dass bei einem möglichst kleinen ax oder ay der zu geringe Reibwert wieder auf den Hochreibwert lernt
* Wiederholrate: in jeder anlaufenden Software, sobald der Softwarebaustein (SnsRc) sich zur davor freigegebenen Software geändert hat

**µ-split:**

* Manipulation: siehe <https://vts5.bmwgroup.net/sites/FUSI2024_25/Fahrkoordinator_FKR/06_Verifikation_und_Validierung/Cluster2_BWR/Validierungsvorbereitung/SZ_8_Manipulationsschalter_Validierung.xlsx>
* Testinstanz: Fahrzeug
* Manöver: 2x SWD (1x µ-high-Erkennung linke Fahrzeugseite, 1x µ-high-Erkennung rechte Fahrzeugseite)
* Wiederholrate: in jeder anlaufenden Software, sobald der Softwarebaustein (DmcIndMs) sich zur davor freigegebenen Software geändert hat

**µ-split-suspecius:**

* Manipulation: siehe <https://vts5.bmwgroup.net/sites/FUSI2024_25/Fahrkoordinator_FKR/06_Verifikation_und_Validierung/Cluster2_BWR/Validierungsvorbereitung/SZ_8_Manipulationsschalter_Validierung.xlsx>
* Testinstanz: Fahrzeug
* Manöver: 1x SWD (1x µ-split-suspecius-Erkennung vorhanden)
* Wiederholrate: in jeder anlaufenden Software, sobald der Softwarebaustein (DmcIndMs) sich zur davor freigegebenen Software geändert hat

**Schräglaufwinkel (alpha\_act):**

* Manipulation: siehe <https://vts5.bmwgroup.net/sites/FUSI2024_25/Fahrkoordinator_FKR/06_Verifikation_und_Validierung/Cluster2_BWR/Validierungsvorbereitung/SZ_8_Manipulationsschalter_Validierung.xlsx>
* Testinstanz: Fahrzeug
* Manöver: 3x SWD (alle Schräglaufwinkel auf 12° / 0° / -12°)
* Wiederholrate: jedes Fahrzeug, sobald ein separater SWD-Test zur Zulassung notwendig ist

**Radaufstandskraft (Snstfe\_fz\*est):**

* Manipulation: siehe <https://vts5.bmwgroup.net/sites/FUSI2024_25/Fahrkoordinator_FKR/06_Verifikation_und_Validierung/Cluster2_BWR/Validierungsvorbereitung/SZ_8_Manipulationsschalter_Validierung.xlsx>
* Testinstanz: Fahrzeug
* Manöver: 2x SWD (1x maximales aY-Offset positiv und 1x maximales aY-Offset negative; aX-Offset in beiden Fällen positiv 🡪 weniger Radlast an der Vorderachse)
* Wiederholrate: jedes Fahrzeug, sobald ein separater SWD-Test zur Zulassung notwendig ist

**Folgende Test sind nur notwendig bei Fahrzeugen mit mehr als einer E-Maschine:**

**E-Maschine Vorderachse ohne Funktion:**

* Manipulation: DcrTql
* Testinstanz: Fahrzeug
* Manöver: 1x SWD (E-Maschine konstant auf 0 Nm passivieren bei Qualifier = i.O.)
* Wiederholrate: jedes Fahrzeug, sobald ein separater SWD-Test zur Zulassung notwendig ist

**E-Maschine Hinterachse ohne Funktion:**

* Manipulation: DcrTql
* Testinstanz: Fahrzeug
* Manöver: 1x SWD (E-Maschine konstant auf 0 Nm passivieren bei Qualifier = i.O.)
* Wiederholrate: jedes Fahrzeug, sobald ein separater SWD-Test zur Zulassung notwendig ist

**Nachfolgende Einflussgrößen auf das SZ-8 wurden nicht betrachtet (mit Begründung):**

**Girerrate** wird aus dem Softwarepackage Mobs (Motion-Observer) falsch herausgegeben**:**

Nach Expertenabschätzung nicht relevant, da nicht erkannter Fehler im Sensor passieren muss.

**Wankwinkel:**

Ist softwareseitig isoliert (an keine Funktion angebunden), somit nicht relevant.

**sx\*act:**

Ist applikativ isoliert (wird über Datenvergleiche geprüft), somit nicht relevant. Zu prüfende Label sind PAR\_SnsTfeZ\_b\_UseAz = false und PAR\_SnsTfeZ\_cw\_Fz = 1.

**Fahrbahnneigung:**

Nur bergab auf µ-low wirksam, Regler wird darüber nur schärfer. Bergauf kein Einfluss (appliziert) vorhanden. Wird über Python-Regel im Datenvergleich geprüft (CRV\_DmcTqzFbyErrBd\_fac\_ErrDzMueHi\_Axinc und CRV\_DmcTqzFbyErrBd\_fac\_ErrDzMueLo\_Axinc dürfen keinen Wert > 1 haben).

Sollte das System das Fahrzeug nicht einregeln können, muss der Fahrer über die nicht vorhandene Systemperformance informiert werden (siehe Punkt 3.4.1.).

#### Pass/Fail-Kriterium

Der SWD-Test wird bestanden.

#### Validierungsergebnis

Das Ergebnis dieses Versuchs wird im Validierungsbericht erfasst und bewertet. Die Ablage der Dokumentation und der Messungen erfolgt am vereinbarten Ort (siehe Abschnitt 4.3).

# Bewertung und Dokumentation

## Bewertungskriterien

### Bewertungsmatrix

Der aktuelle Stand der Bewertungsmatrix liegt im FuSi-Partner-VTS unter folgenden Link:

<https://vts2.bmwgroup.net/sites/teco/FuSi/FuSi-Partner/FuSiEF/EF-Dokumentenbibliothek/BMW_Safety_vehicle_Validation_severity_rating_V7p1.xlsx>

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ***Bewer-tung*** | **Lenkradreaktion** | **Fahrzeugreaktion** | **Spurabweichung** |
| **A** | **keine Lenkradreaktion** | **nicht wahrnehmbare Fahrzeugreaktion** | **nicht wahrnehmbare Spurabweichung** |
| **B** | **wahrnehmbare Lenkradreaktion** | **wahrnehmbare Fahrzeugreaktion** | **wahrnehmbare Spurabweichung** |
| **C** | **Lenkradreaktion mit kleinem Energieinhalt (störend)** | **moderate Fahrzeugreaktion, vergleichbar mit Seitenwind** | **moderate Spurabweichung, Abweichung in der normalen Fahrspur** |
| **D** | **Lenkradreaktion mit mittlerem Energieinhalt (Handverletzung nicht wahrscheinlich)** | **wesentliche Fahrzeugreaktion, vergleichbar mit einer Windböe** | **wesentliche Spurabweichung, Abweichung noch in der normalen Fahrspur (grenzwertig)** |
| **E** | **starke Lenkradreaktion mit hohem Energieinhalt, Handverletzung möglich** | **starke Fahrzeugreaktion, schwer kontrollierbar** | **große Spurabweichung, Verlassen der Fahrspur, Unfall möglich** |
| **F** | **sehr starke Lenkradreaktion mit hohem Energieinhalt, Handverletzung wahrscheinlich** | **Fahrzeug instabil, nicht mehr kontrollierbar** | **sehr große Spurabweichung, Verlassen der Fahrspur, Unfall wahrscheinlich** |

Die Lenkradreaktion wird im Rahmen dieses Validierungskonzepts nicht bewertet, da FKR keine Einflüsse auf das Lenkrad erzeugt.

### Fahrspurbreiten und Geschwindigkeiten (FuSi-Gasse)

In der nachfolgenden Tabelle sind die Versuchsrandbedingungen für die einzelnen Validierungstests für das SZ 7 definiert.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Straßenbreite** | **Lenkradhaltung** | **Fahrzeuggeschwindigkeit** |
| Autobahnbaustelle: 2,50m | Lenkrad fest halten (2 Hände) | bis 100km/h |
| Landstraße: 3,00m | Lenkrad locker halten (1 Hand) | bis 100km/h |
| Landstraße: 3,00m | Lenkrad fest halten (2 Hände) | bis 130km/h |
| Autobahn: 3,50m | Lenkrad fest halten (2 Hände) | >130 km/h bis Vmax |
| Autobahn: 3,50m | Lenkrad locker halten (1 Hand) | >100 km/h bis 160km/h |

### Fahrspurbreiten und Geschwindigkeiten (Kurvenfahrt)

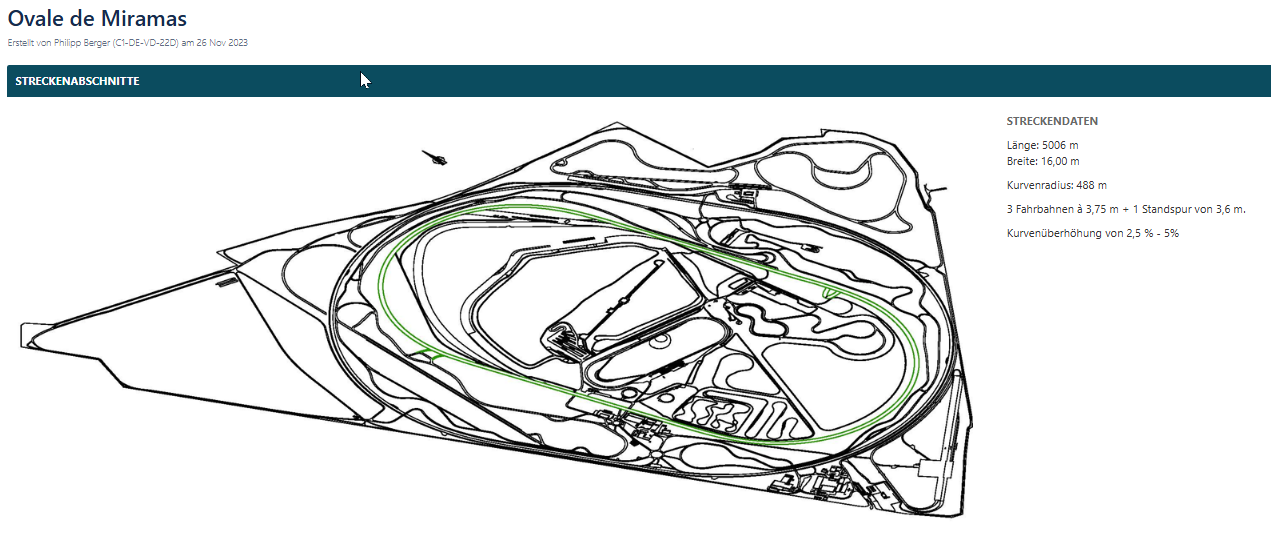
In der Nachfolgenden Auflistung sind die Versuchsstrecken für die Validierungstests aller Manöver mit Querdynamik dargestellt (alle Angaben beziehen sich auf die jeweiligen Kurven). Standort ist das BMW Messgelände Miramas (BMW Autodrome de Miramas).

Hohe Geschwindigkeit und niedrige bis mittlere Querdynamik:

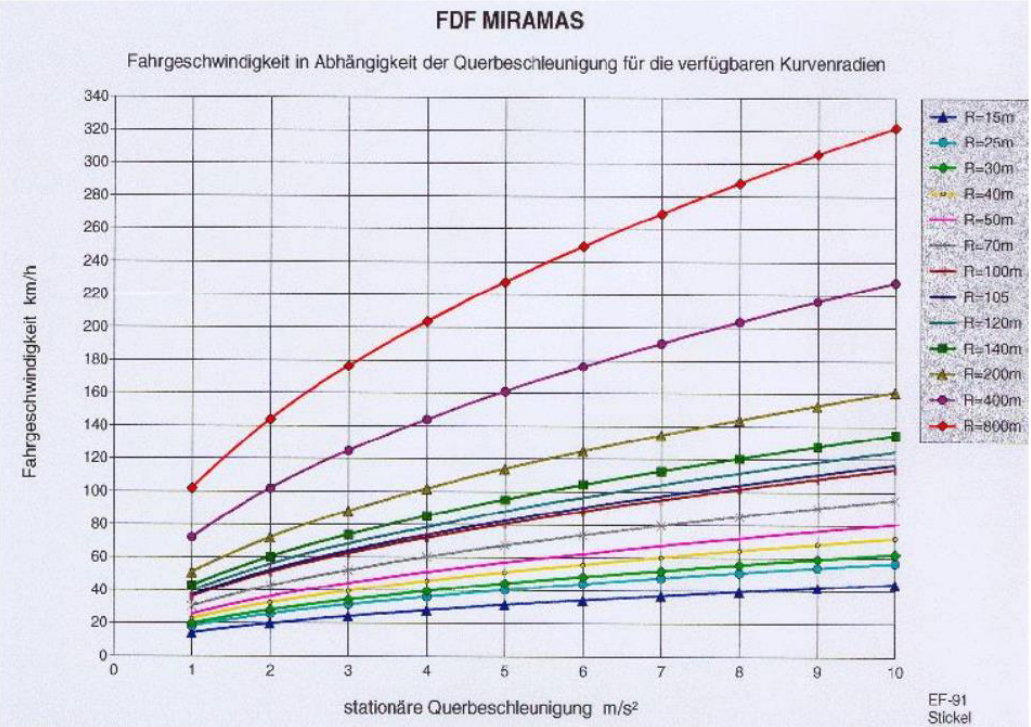
* Innere Fahrbahn bei 130 km/h entspricht ca. 2 m/s² Querbeschleunigung
* Innere Fahrbahn bei 150 km/h entspricht ca. 4 m/s² Querbeschleunigung

Hohe Geschwindigkeit und hohe Querdynamik:

* Überfahrt Ovale de Miramas auf Fahrdynamikfläche (Exklusivnutzung notwendig!)



Die Versuche mit niedrigeren Geschwindigkeiten können bis zu hoher Querdynamik auf der Fahrdynamikfläche gefahren werden. Dort sind aufgezeichnete Kreisradien zur Orientierung und Bewertung vorhanden.



Diese Angaben dienen lediglich zur Orientierung. Es ist keine Vorgabe, dass die Validierung auf dem BMW Testgelände in Miramas erfolgen muss.

**[Quelle der Abbildungen: EG-722 | Benutzerordnung und Streckenbooklet – Autodrome de Miramas | Stand: 14.11.2024]**

## Messtechnik / Signale

Die verwendete Messtechnik muss in der Lage sein, mindestens alle Ein- und Ausgangs-Bussignale der IP-Fahren sowie die internen Ein- und Ausgangssignale der SW-Komponenten DcrSfTqzLim, DcrSfTqzLimB, SnsSitdet, DcrSfActGate und DcrSfDiag (für SZ-8) zu messen.

## Validierungsbericht

Der Validierungsbericht ist neben dem Validierungskonzept und den Versuchsergebnissen auf der FuSi-SharePoint-Seite des Projektes unter

[https://vts5.bmwgroup.net/sites/FUSI2024\_25/Fahrkoordinator\_FKR/Forms/AllItems.aspx?RootFolder=%2Fsites%2FFUSI2024%5F25%2FFahrkoordinator%5FFKR%2F06%5FVerifikation%5Fund%5FValidierung%2FCluster2%5FBWR%2FReports&FolderCTID=0x012000E84E6275D49B7F4CAFC56C962AF0B6BE&View={2F3268C7-5DFD-4B98-B7DF-3C649DD1FEA8}](https://vts5.bmwgroup.net/sites/FUSI2024_25/Fahrkoordinator_FKR/Forms/AllItems.aspx?RootFolder=%2Fsites%2FFUSI2024%5F25%2FFahrkoordinator%5FFKR%2F06%5FVerifikation%5Fund%5FValidierung%2FCluster2%5FBWR%2FReports&FolderCTID=0x012000E84E6275D49B7F4CAFC56C962AF0B6BE&View=%7b2F3268C7-5DFD-4B98-B7DF-3C649DD1FEA8%7d)

abzulegen.

Die Fahrzeugkonfiguration, vch und Versuchsbedingungen sind für das jeweilige Derivat im Validierungsbericht festzuhalten. Weiterhin müssen im Validierungsbericht folgende Informationen zu finden sein:

* V-Nummer Fahrzeug
* Fahrer
* Radlasten aller 4 Räder (gewogen) inkl. Gesamtgewicht
* Reifendimensionen
* Reifenzustand
* Fehleraufschaltung
* Fahrbahn (trocken/ nass/ glatt)
* Datum der Validierung
* FIPS-Auszug (erweiterte Ansicht)
* Check-In-Ablage
* Messwert-Ablage auf [\\europe.bmw.corp\DDFS1\ITO\fahrwerk\qdm\FKR\FuSi\_Validierung\“Derivat\_Variante\_SOP\_SA](file://europe.bmw.corp/DDFS1/ITO/fahrwerk/qdm/FKR/FuSi_Validierung/)“ 🡪 z.B.: G65\_LR\_2611\_HSR

Der Validierungsbericht enthält die Interpretation der Versuchsergebnisse und eine Zusammenfassung, ob die Validierung für das entsprechende Derivat erfolgreich war.

# Anlage

## Referenzen

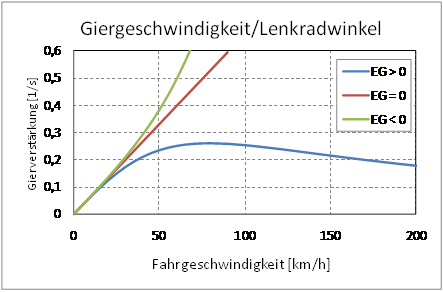
|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Nr. | Titel | Dateiname | Ablageort | Version/ Datum |
|  | GuR FKR | Fahrkoordinator\_FKR\_GuR.xlsm | [Fahrkoordinator\_FKR\_GuR.xlsm](https://vts5.bmwgroup.net/sites/FUSI2024_25/Fahrkoordinator_FKR/03_Gefahrenanalyse_und_Risikobeurteilung/Fahrkoordinator_FKR_GuR.xlsm) | V1.0 08.04.2024 |
|  | Fahrmanöverkatalog |  |  |  |
|  | ZFM\_SP2021 | ZFM\_SP2021\_ValKo.docx | <https://vts5.bmwgroup.net/sites/FuSi2021/ZFM_SP2021/06_Verifikation_und_Validierung/ZFM_SP2021_ValKo.docx> | 2.1  23.09.2022 |
|  | SiKo IB | Safety requirements related to the BMW target pressure\_25\_04\_2024.pdf | [file:\\europe.bmw.corp\winfs\EF-proj\F\Funktionsentwicklung\VE\_VL\VE\_BMWFDR\06\_Produkt\17\_Entwicklung\09\_Bewegungsregelung\06\_Entwicklung\IbcMonitoring\Safety%20requirements%20related%20to%20the%20BMW%20target%20pressure\_25\_04\_2024.pdf](file://europe.bmw.corp/winfs/EF-proj/F/Funktionsentwicklung/VE_VL/VE_BMWFDR/06_Produkt/17_Entwicklung/09_Bewegungsregelung/06_Entwicklung/IbcMonitoring/Safety%20requirements%20related%20to%20the%20BMW%20target%20pressure_25_04_2024.pdf) | 30.04.2024 |
|  | ValKo Unterbremsen | [FKR\_ValKo\_Überbremsen\_Unterbremsen](https://vts5.bmwgroup.net/sites/FUSI2024_25/Fahrkoordinator_FKR/06_Verifikation_und_Validierung/Cluster1_MoVeZ/FKR_ValKo_%C3%9Cberbremsen_Unterbremsen.docx).docx | <https://vts5.bmwgroup.net/sites/FUSI2024_25/Fahrkoordinator_FKR/06_Verifikation_und_Validierung/Cluster1_MoVeZ/FKR_ValKo_Überbremsen_Unterbremsen.docx> | 0.4  13.07.2023 |
|  | ECE-R140 | Regelung Nr. 140 der Wirtschaftskommission für Europa der Vereinten Nationen (UNECE) | <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:42018X1592> | 29.12.2018 |
|  | Bericht zur Prävalidierung des ZFM-Sicherheitskonzepts | [NA5\_BBG\_L2\_L3\_25-07-420\_ATSp8\_FKR\_BWR\_Validierung](https://vts5.bmwgroup.net/sites/FUSI2024_25/Fahrkoordinator_FKR/06_Verifikation_und_Validierung/Cluster2_BWR/Reports/NA5_BBG_L2_L3_25-07-420_ATSp8_FKR_BWR_Validierung.xlsx).xlsx | https://vts5.bmwgroup.net/sites/FUSI2024\_25/Fahrkoordinator\_FKR/06\_Verifikation\_und\_Validierung/Cluster2\_BWR/Reports/NA5\_BBG\_L2\_L3\_25-07-420\_ATSp8\_FKR\_BWR\_Validierung.xlsx | 0.1 01.10.2024 |
|  | Definition Validierungskonzept SZ-Cluster übergreifend | CC-JIRA-Ticket | [DRV-25389](https://jira.cc.bmwgroup.net/browse/DRV-25389) |  |
|  | EFCOM-548 | 2021-01-22\_relevante\_Querbeschleunigungen\_EFCOM\_548.pptx | <https://vts5.bmwgroup.net/sites/FuSi-Partner/FuSi_FAN/06_Verification_Validation/2021-01-22_relevante_Querbeschleunigungen_EFCOM_548.pptx> | 1.0  22.01.2021 |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

## Abkürzungsverzeichnis

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Nr. | Abkürzung | Bedeutung |
| 1 | ASIL | Automotive Safety Integrity Level |
| 2 | ax | Fahrzeuglängsbeschleunigung |
| 3 | ay | Fahrzeugquerbeschleunigung |
| 4 | ay\_no\_grav | Fahrzeugquerbeschleunigung um Gravitationseinflüsse korrigiert |
| 5 | BEV | Battery Electric Vehicle |
| 6 | DSC | Dynamische Stabilitätskontrolle |
| 7 | EAM | Elektrische Antriebsmaschine |
| 8 | EG | Eigenlenkverhalten |
| 9 | E0\*… E2 | Exposure / Auftretenswahrscheinlichkeit gemäß VDA SitCat |
| 10 | FDR | Fahrdynamikregler |
| 11 | FDF | Fahrdynamikfläche |
| 12 | FKR | Fahrkoordinator (µc-Software auf IPF\_FAR) |
| 13 | FTZ | Fehlertoleranzzeit |
| 14 | FuSi | Funktionale Sicherheit |
| 15 | GMV | Giermomentenverteilung |
| 16 | GuR | Gefahren- und Risikoanalyse |
| 17 | HiL | Hardware-in-the-Loop |
| 18 | HSR | Hinterachs-Schräglauf-Regelung |
| 19 | IPF\_FAR | Integrationsplattform Fahren |
| 20 | K-HiL | Komponenten-HiL |
| 21 | SitCat | Situation Catalogue (Situationskatalog) |
| 22 | SBS | Signalbearbeitungsschicht |
| 23 | SWD | Sine With Dwell Test |
| 24 | SZ | Sicherheitsziel |
| 25 | TCS | Test Case Specification |
| 26 | TQW\_Sp | Setpoint Radmoment |
| 27 | vch | Charakteristische Geschwindigkeit |
| 28 | vCOG | Fahrzeuggeschwindigkeit (im Fahrzeugschwerpunkt – Center of Gravity) |
| 29 | vmax | Maximale Fahrzeuggeschwindigkeit |
| 30 | vX | Fahrzeuggeschwindigkeit in Fahrzeuglängsrichtung |
| 31 | vY | Fahrzeuggeschwindigkeit in Fahrzeugquerrichtung |
| 32 | V-HiL | Verbund-HiL |
| 33 | VDA | Verband der deutschen Automobilindustrie |
| 34 | VDC | Vehicle Dynamics Control (actives Fahrwerk) |

## Ermittlung der charakteristischen Geschwindigkeit der Worst Case FahrzeugKonfiguration

Dieser Absatz ist relevant für Versuche dieses Sicherheitsziels für den Fall, dass die charakterische Geschwindigkeit des Fahrzeugs noch nicht gelernt wurde. Um eine Worst Case Reaktion eines Lenkfehlers im Fahrzeug zu beurteilen, muss der Fehler auch bei vch, der charakteristischen Geschwindigkeit des Fahrzeugs, aufgeschaltet werden. Die charakteristische Geschwindigkeit ist abhängig vom fahrzeugspezifischen Eigenlenkverhalten (EG). Das Eigenlenkverhalten aller Serienfahrzeuge ist generell untersteuernd (EG>0) ausgelegt. Untersteuernde Fahrzeuge haben ein ausgeprägtes Maximum der Gierverstärkung über der Fahrgeschwindigkeit, welches bei der charakteristischen Geschwindigkeit auftritt



Vch

Abbildung 2 „GvEG“ von Wruedt - Eigenes Werk. Lizenziert unter CC0 über Wikimedia Commons - https://commons.wikimedia.org/wiki/File:GvEG.png#/media/File:GvEG.png

Die charakteristische Geschwindigkeit wird durch einen Lernalgorithmus der Egomotion anhand des beobachteten Fahrzeugverhaltens ermittelt und als FlexRay Signal (CHAR\_V) zur Verfügung gestellt.

Für den Abgleich muss ein Kreis im Uhrzeigersinn und gegen den Uhrzeigersinn auf ebener Fläche mit hohem Reibwert mit Querbeschleunigung von 2,3 – 5,2 m/s2 und mit einer konstanten Geschwindigkeit von 45 bis 144 km/h durchfahren werden. Der Lenkwinkeleinschlag muss bei der Kreisfahrt konstant gehalten werden. Die Anzahl der Kreisfahrten im und gegen den Uhrzeigersinn sollte gleich gehalten werden.

Die charakteristische Geschwindigkeit ist korrekt abgeglichen, wenn jeweils ca. 3 Kreise im Uhrzeigersinn und gegen den Uhrzeigersinn durchfahren wurden.