DIN 70065:2024-05 (D)

Kraftfahrzeuge - Anforderungen an ein "Steer-by-Wire (SbW)-System"

Inhalt

Seite

Vorwort 7

Einleitung 8

1 Anwendungsbereich 9

2 Normative Verweisungen 9

3 Begriffe 9

4 Verzeichnis der Symbole 13

5 Herleitung von Sicherheitszielen 13
5.1 Systemabgrenzung 13
5.2 SbW-Fehlfunktionen 15
5.3 Sicherheitsziele 16
5.3.1 Allgemeines 16
5.3.2 Sicherheitsziel SZ1 17
5.3.3 Sicherheitsziel SZ2 18
5.3.4 Sicherheitsziel SZ3 19
5.3.5 Sicherheitsziel SZ4 20
5.3.6 Sicherheitsziel SZ5 21

6 Anforderungen an die Systemverfügbarkeit 22
6.1 Allgemeine Verfügbarkeitsanforderungen 22
6.2 Verfügbarkeitsanforderungen nach Fehlerfall 23
6.3 Verfügbarkeitsanforderungen an mechanische Systemumfänge 24

7 Kontrollierbarkeit im Erstfehlerfall 24
7.1 Einleitung und Allgemeines zur Kontrollierbarkeit 24
7.2 Fehlerbilder 24
7.2.1 Allgemeines 24
7.2.2 Fehlfunktionen 25
7.2.3 Fehlerquelle 25
7.2.4 Fehlerausprägung 25
7.2.5 Fehlercharakteristiken mit den zugehörigen physikalischen Größen 26
7.2.6 Fehlerbild mit Verlust des aktiv generierten Handmoments 27
7.3 Fehlerbildmatrix 28
7.4 Bewertung der Kontrollierbarkeit im Fehlerfall 30
7.5 Beschreibung von Fahrmanövern und Versuchsdurchführung zur Bewertung der Kontrollierbarkeit im Fehlerfall 33

8 Mindestanforderungen an das Betriebsverhalten nach Fehlerfall 34
8.1 Einleitung und allgemeine Beschreibung des Degradationskonzepts 34
8.2 Degradationen und Transitionen 36
8.2.1 Normalzustand N 36
8.2.2 Transition x-2 und Degradation 2 36
8.2.3 Transition 2-3 und Degradation 3 37
8.2.4 Transition x-Notbremsung 37
8.2.5 Transition N-1 und Degradation 1 37
8.2.6 Transition x-3 38
8.3 Allgemeine Anforderungen des Degradationskonzeptes 38
8.3.1 Kontrollierbarkeit während Degradationen und Transitionen 38

8.3.2 Bordnetz ... 38
8.3.3 Verkürzte Transitionen ... 39
8.3.4 Definition Fahrzeug-Querbeschleunigung ... 39
8.3.5 Uneingeschränkte Weiterfahrt vor einer automatisierten Geschwindigkeitsreduktion ... 40
8.3.6 Übersteuern der automatisierten Geschwindigkeitsreduktion und der Geschwindigkeitslimitierung ... 40
8.3.7 Überbremsen der automatisierten Geschwindigkeitsreduktion ... 41
8.4 Abgrenzung zu anderen Systemen und der Infrastruktur des Fahrzeuges ... 41
8.5 Mindestanforderungen an die Degradationen und Transitionen ... 41
8.5.1 Allgemeines ... 41
8.5.2 Systemintegrität und Geschwindigkeitseinschränkungen ... 42
8.5.3 Anforderungen an die Sicherheitsintegrität ... 49
8.5.4 Zeitliche Nutzungseinschränkungen ... 50
8.5.5 Rücküberführung und deren Bedingungen ... 52
8.5.6 Anforderungen an das Warnkonzept ... 55
8.5.7 Mindestanforderungen an die Querführung und Kontrollierbarkeit des Fahrzeugs ... 56
8.6 Manöversequenzen und deren Anforderungen ... 58
8.6.1 Allgemeine Erläuterungen ... 58
8.6.2 Ziele der Manöversequenzen und zugehörige Manöver ... 58
8.6.3 Generelle Anforderungen ... 61

Anhang A (normativ) Fahrmanöver zur Bewertung der Kontrollierbarkeit ... 62
A.1 Einleitung ... 62
A.2 Anforderungen an die Versuchskonfiguration ... 62
A.2.1 Einleitende Hinweise ... 62
A.2.2 Konfiguration des Versuchsfahrzeugs ... 62
A.2.3 Allgemeine Anforderungen an die Versuchsdurchführung ... 62
A.2.4 Systeme zur Fahrzeugstabilisierung ... 63
A.2.5 Alternative Systeme zur Fahrzeugquerführung ... 63
A.2.6 Definition der Handhaltung in der Versuchsdurchführung ... 63
A.3 Fahrmanöver ... 64
A.3.1 Fahrmanöver: Geradeausfahrt ... 64
A.3.2 Fahrmanöver: Stationäre Kreisfahrt ... 67
A.3.3 Fahrmanöver: Slalom ... 69
A.3.4 Methodiken zur Auswertung der objektiven fahrdynamischen Kenngrößen ... 71

Anhang B (normativ) Prüfungen zum Nachweis der Fahrzeugquerführung und Kontrollierbarkeit in den Degradationen und Transitionen ... 74
B.1 Einleitung ... 74
B.2 Anforderungen an die Versuchskonfigurationen ... 74
B.2.1 Einleitende Hinweise ... 74
B.2.2 Konfiguration des Versuchsfahrzeugs ... 74
B.2.3 Konfiguration der Fahrzeugsysteme ... 75
B.3 Allgemeine Anforderungen an die Versuchsdurchführung ... 76
B.3.1 Umgebungsbedingungen ... 76
B.3.2 Allgemeine Toleranzen für die Versuchsdurchführung und die Akzeptanzkriterien ... 76
B.3.3 Automatisierte Geschwindigkeitsreduktion ... 77
B.3.4 Manöver zum Nachweis der Lenkleistung nach thermischer Belastung ... 77
B.3.5 Übertragbarkeit von Ergebnissen ... 78
B.3.6 Verkürzte Transition x-2 ... 78
B.3.7 Markierung und Anpassung der Fahrstreifenbreite ... 78
B.3.8 Systeme zur Fahrzeugstabilisierung ... 78
B.3.9 Systeme zur alternativen Fahrzeugquerführung ... 79
B.3.10 Definition der Handhaltung in der Versuchsdurchführung ... 79
B.3.11 Ermittlung fahrdynamischer Größen ... 79
B.4 Fahrmanöver ... 79
B.4.1 Fahrmanöver: Achten-Fahren ... 79
B.4.2 Fahrmanöver: Automatisiertes Anhalten bei Einfahrt in den Kreis ... 81
B.4.3 Fahrmanöver: Automatisiertes Anhalten im einfachen Spurwechsel ... 83

B.4.4 Fahrmanöver: Automatisiertes Anhalten in einer Geraden ... 85
B.4.5 Fahrmanöver: Automatisiertes Anhalten im Kreis ... 87
B.4.6 Fahrmanöver: Automatisierte Verzögerung im Slalom ... 89
B.4.7 Fahrmanöver: Doppelter Spurwechsel ... 91
B.4.8 Fahrmanöver: Lenkwinkelrampe ... 94
B.4.9 Fahrmanöver: Slalom ... 95
B.4.10 Immobilisieren des Fahrzeugs ... 97
B.4.11 Übersicht der Akzeptanzkriterien ... 98
B.5 Dokumentation der Ergebnisse ... 100

Anhang C (informativ) Entwicklungsverantwortung ... 102
C.1 Beispielhafte Systemaufteilung ... 102
C.2 Entwicklungsverantwortung zwischen OEM und Lieferanten ... 103
C.3 Beispielhafte Systemarchitekturen ... 104

Anhang D (informativ) Erfahrungswerte aus Versuchsreihen während der Normerstellung ... 106
D.1 Allgemeines ... 106
D.2 Matrix Erfahrungswerte ... 107
D.3 Hinweise zur Probandenstudie ... 108

Anhang E (informativ) Erläuterungen zum Degradationskonzept ... 109
E.1 Allgemeine Darstellung der Geschwindigkeitslimitierung ... 109
E.2 Zeitlicher Verlauf der Geschwindigkeitslimitierung mit 3 Beispielszenarien ... 110
E.3 Typische Systemfehler und auszulösende Transitionen ... 112
E.3.1 Beispielarchitektur 1 mit redundantem Lenkradaktuator analog Bild C.3 ... 112
E.3.2 Beispielarchitektur 2 mit drittem Lenkwinkelsensor analog Bild C.4 ... 113
E.3.3 Beispielarchitektur 3 mit zusätzlicher Redundanz zur Fahrzeugquerführung ... 114

Literaturhinweise ... 115

Bilder

Bild 1 — Definition „Item“ für SbW ... 14

Bild 2 — Möglichkeit 1: Definition System(e) „SbW“ nach ISO 26262 ... 15

Bild 3 — Möglichkeit 2: Definition System(e) „SbW“ nach ISO 26262 ... 15

Bild 4 — Weiterfahrzeit bei reduzierter Sicherheitsintegrität ... 24

Bild 5 — Übersichtsdiagramm des Degradationskonzeptes (ohne Transition x-3) ... 36

Bild 6 — Übersichtsdiagramm des Degradationskonzeptes (mit Transition x-3) ... 38

Bild A.1 — Versuchsaufbau Fahrmanöver Geradeausfahrt ... 65

Bild A.2 — Versuchsaufbau Fahrmanöver Kreisfahrt ... 68

Bild A.3 — Versuchsaufbau Fahrmanöver Slalom ... 70

Bild A.4 — Auswertung der objektiven fahrdynamischen Kenngröße (exemplarisch für die Stör-Giergeschwindigkeit in der Geradeausfahrt) ... 72

Bild A.5 — Methodik zur Auswertung der objektiven Fahrdynamischen Kenngröße (exemplarisch für die Stör-Giergeschwindigkeit im Slalom) ... 73

Bild B.1 — Versuchsaufbau Fahrmanöver „Achten-Fahren“ ... 80

Bild B.2 — Versuchsaufbau Fahrmanöver Automatisiertes Anhalten bei Einfahrt in den Kreis 82

Bild B.3 — Versuchsaufbau Fahrmanöver Automatisiertes Anhalten im einfachen Spurwechsel 84

Bild B.4 — Versuchsaufbau Fahrmanöver Automatisiertes Anhalten in einer Geraden 86

Bild B.5 — Versuchsaufbau Fahrmanöver Automatisiertes Anhalten im Kreis 88

Bild B.6 — Versuchsaufbau Fahrmanöver Automatisierte Verzögerung im Slalom 90

Bild B.7 — Versuchsaufbau Fahrmanöver Doppelter Spurwechsel nach ISO 3888-2:2011 92

Bild B.8 — Prinzip-Bild der Trajektorie bei einer Lenkwinkelrampe 94

Bild B.9 — Versuchsaufbau Fahrmanöver Slalom 96

Bild C.1 — Beispielhafte Systemaufteilung SbW: 1Item = 1 System 102

Bild C.2 — Beispielhafte Systemaufteilung SbW: 1 Item = 2 System 103

Bild C.3 — Beispielarchitektur mit redundantem Handmoment für Item SbW 105

Bild C.4 — Beispielarchitektur ohne redundantes Handmoment für Item SbW 105

Bild E.1 — Zeitlicher Verlauf der Geschwindigkeitslimitierung 109

Bild E.2 — Zeitlicher Verlauf eines Fahrprofils (Beispiel 1) 110

Bild E.3 — Zeitlicher Verlauf eines Fahrprofils (Beispiel 2) 111

Bild E.4 — Zeitlicher Verlauf eines Fahrprofils (Beispiel 3) 112

Tabellen

Tabelle 1 — Fehlerbildmatrix 29

Tabelle 2 — Kombinationen ausgewählter Fehlerbilder mit Fahrmanövern 31

Tabelle 3 — Anforderungen Sicherheitsintegrität 50

Tabelle 4 — Übersicht der Manöversequenzen 57

Tabelle 5 — Ziele der Manöversequenzen 59

Tabelle 6 — Übersicht der Manöversequenzen und ihrer Manöver 60

Tabelle A.1 — Toleranzen für Versuchsdurchführung 63

Tabelle A.2 — Parameter Fahrmanöver Geradeausfahrt 64

Tabelle A.3 — Fehlerbilder im Fahrmanöver Geradeausfahrt 66

Tabelle A.4 — Parameter Fahrmanöver Kreisfahrt 67

Tabelle A.5 — Fehlerbilder im Fahrmanöver Kreisfahrt 69

Tabelle A.6 — Parameter Fahrmanöver Slalom ... **70**

Tabelle A.7 — Fehlerbilder im Fahrmanöver Slalom ... **71**

Tabelle B.1 — Toleranzen für Versuchsdurchführung und Akzeptanzkriterien ... **77**

Tabelle B.2 — Versuchsvarianten „Achten-Fahren“ ... **81**

Tabelle B.3 — Versuchsvarianten Automatisiertes Anhalten bei Einfahrt in den Kreis ... **83**

Tabelle B.4 — Versuchsvarianten Automatisiertes Anhalten im einfachen Spurwechsel ... **85**

Tabelle B.5 — Automatisiertes Anhalten in einer Geraden ... **86**

Tabelle B.6 — Versuchsvarianten Automatisiertes Anhalten im Kreis ... **89**

Tabelle B.7 — Automatisierte Verzögerung im Slalom ... **91**

Tabelle B.8 — Versuchsvarianten Doppelter Spurwechsel ... **93**

Tabelle B.9 — Versuchsvarianten Lenkwinkelrampe ... **95**

Tabelle B.10 — Versuchsvarianten Slalom ... **97**

Tabelle B.11 — Relevante Manöver für Immobilisierung ... **98**

Tabelle B.12 — Zusammenfassung der Akzeptanzkriterien ... **99**

Tabelle B.13 — Dokumentation Fahrzeug ... **100**

Tabelle B.14 — Allgemeine Versuchsinformationen ... **100**

Tabelle B.15 — Messsignale ... **101**

Tabelle C.1 — Aufteilung Entwicklungsverantwortung ... **103**

Tabelle D.1 — Übersicht Erfahrungswerte ... **107**

Tabelle E.1 — Typische Systemfehler und auszulösende Transition — Beispielarchitektur 1 ... **113**

Tabelle E.2 — Typische Systemfehler und auszulösende Transition — Beispielarchitektur 2 ... **114**

Tabelle E.3 — Typische Systemfehler und auszulösende Transition — bei weiterer Redundanz zur Fahrzeugquerführung ... **114**