

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-Querschleunigung..... | 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 |