

# 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
<b>Anhang A (normativ) Fahrmanöver zur Bewertung der Kontrollierbarkeit.....</b>		<b>62</b>
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
<b>Anhang B (normativ) Prüfungen zum Nachweis der Fahrzeugquerführung und Kontrollierbarkeit in den Degradationen und Transitionen.....</b>		<b>74</b>
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
<b>Anhang C (informativ) Entwicklungsverantwortung.....</b>		<b>102</b>
C.1	Beispielhafte Systemaufteilung.....	102
C.2	Entwicklungsverantwortung zwischen OEM und Lieferanten .....	103
C.3	Beispielhafte Systemarchitekturen.....	104
<b>Anhang D (informativ) Erfahrungswerte aus Versuchsreihen während der Normerstellung .....</b>		<b>106</b>
D.1	Allgemeines.....	106
D.2	Matrix Erfahrungswerte.....	107
D.3	Hinweise zur Probandenstudie .....	108
<b>Anhang E (informativ) Erläuterungen zum Degradationskonzept.....</b>		<b>109</b>
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
<b>Literaturhinweise .....</b>		<b>115</b>

## **Bilder**

<b>Bild 1</b>	<b>— Definition „Item“ für SbW .....</b>	<b>14</b>
<b>Bild 2</b>	<b>— Möglichkeit 1: Definition System(e) „SbW“ nach ISO 26262 .....</b>	<b>15</b>
<b>Bild 3</b>	<b>— Möglichkeit 2: Definition System(e) „SbW“ nach ISO 26262 .....</b>	<b>15</b>
<b>Bild 4</b>	<b>— Weiterfahrzeit bei reduzierter Sicherheitsintegrität.....</b>	<b>24</b>
<b>Bild 5</b>	<b>— Übersichtsdiagramm des Degradationskonzeptes (ohne Transition x-3) .....</b>	<b>36</b>
<b>Bild 6</b>	<b>— Übersichtsdiagramm des Degradationskonzeptes (mit Transition x-3).....</b>	<b>38</b>
<b>Bild A.1</b>	<b>— Versuchsaufbau Fahrmanöver Geradeausfahrt.....</b>	<b>65</b>
<b>Bild A.2</b>	<b>— Versuchsaufbau Fahrmanöver Kreisfahrt.....</b>	<b>68</b>
<b>Bild A.3</b>	<b>— Versuchsaufbau Fahrmanöver Slalom.....</b>	<b>70</b>
<b>Bild A.4</b>	<b>— Auswertung der objektiven fahrdynamischen Kenngröße (exemplarisch für die Stör-Giergeschwindigkeit in der Geradeausfahrt) .....</b>	<b>72</b>
<b>Bild A.5</b>	<b>— Methodik zur Auswertung der objektiven Fahrdynamischen Kenngröße (exemplarisch für die Stör-Giergeschwindigkeit im Slalom) .....</b>	<b>73</b>
<b>Bild B.1</b>	<b>— Versuchsaufbau Fahrmanöver „Achten-Fahren“ .....</b>	<b>80</b>

<b>Bild B.2 — Versuchsaufbau Fahrmanöver Automatisiertes Anhalten bei Einfahrt in den Kreis.....</b>	<b>82</b>
<b>Bild B.3 — Versuchsaufbau Fahrmanöver Automatisiertes Anhalten im einfachen Spurwechsel .....</b>	<b>84</b>
<b>Bild B.4 — Versuchsaufbau Fahrmanöver Automatisiertes Anhalten in einer Geraden.....</b>	<b>86</b>
<b>Bild B.5 — Versuchsaufbau Fahrmanöver Automatisiertes Anhalten im Kreis .....</b>	<b>88</b>
<b>Bild B.6 — Versuchsaufbau Fahrmanöver Automatisierte Verzögerung im Slalom.....</b>	<b>90</b>
<b>Bild B.7 — Versuchsaufbau Fahrmanöver Doppelter Spurwechsel nach ISO 3888-2:2011.....</b>	<b>92</b>
<b>Bild B.8 — Prinzip-Bild der Trajektorie bei einer Lenkwinkelrampe.....</b>	<b>94</b>
<b>Bild B.9 — Versuchsaufbau Fahrmanöver Slalom.....</b>	<b>96</b>
<b>Bild C.1 — Beispielhafte Systemaufteilung SbW: 1Item = 1 System .....</b>	<b>102</b>
<b>Bild C.2 — Beispielhafte Systemaufteilung SbW: 1 Item = 2 System .....</b>	<b>103</b>
<b>Bild C.3 — Beispielarchitektur mit redundantem Handmoment für Item SbW .....</b>	<b>105</b>
<b>Bild C.4 — Beispielarchitektur ohne redundantes Handmoment für Item SbW.....</b>	<b>105</b>
<b>Bild E.1 — Zeitlicher Verlauf der Geschwindigkeitslimitierung .....</b>	<b>109</b>
<b>Bild E.2 — Zeitlicher Verlauf eines Fahrprofils (Beispiel 1) .....</b>	<b>110</b>
<b>Bild E.3 — Zeitlicher Verlauf eines Fahrprofils (Beispiel 2) .....</b>	<b>111</b>
<b>Bild E.4 — Zeitlicher Verlauf eines Fahrprofils (Beispiel 3) .....</b>	<b>112</b>

## **Tabellen**

<b>Tabelle 1 — Fehlerbildmatrix.....</b>	<b>29</b>
<b>Tabelle 2 — Kombinationen ausgewählter Fehlerbilder mit Fahrmanövern .....</b>	<b>31</b>
<b>Tabelle 3 — Anforderungen Sicherheitsintegrität.....</b>	<b>50</b>
<b>Tabelle 4 — Übersicht der Manöversequenzen .....</b>	<b>57</b>
<b>Tabelle 5 — Ziele der Manöversequenzen.....</b>	<b>59</b>
<b>Tabelle 6 — Übersicht der Manöversequenzen und ihrer Manöver .....</b>	<b>60</b>
<b>Tabelle A.1 — Toleranzen für Versuchsdurchführung.....</b>	<b>63</b>
<b>Tabelle A.2 — Parameter Fahrmanöver Geradeausfahrt .....</b>	<b>64</b>
<b>Tabelle A.3 — Fehlerbilder im Fahrmanöver Geradeausfahrt .....</b>	<b>66</b>
<b>Tabelle A.4 — Parameter Fahrmanöver Kreisfahrt.....</b>	<b>67</b>
<b>Tabelle A.5 — Fehlerbilder im Fahrmanöver Kreisfahrt.....</b>	<b>69</b>

<b>Tabelle A.6 — Parameter Fahrmanöver Slalom.....</b>	<b>70</b>
<b>Tabelle A.7 — Fehlerbilder im Fahrmanöver Slalom.....</b>	<b>71</b>
<b>Tabelle B.1 — Toleranzen für Versuchsdurchführung und Akzeptanzkriterien.....</b>	<b>77</b>
<b>Tabelle B.2 — Versuchsvarianten „Achten-Fahren“ .....</b>	<b>81</b>
<b>Tabelle B.3 — Versuchsvarianten Automatisiertes Anhalten bei Einfahrt in den Kreis .....</b>	<b>83</b>
<b>Tabelle B.4 — Versuchsvarianten Automatisiertes Anhalten im einfachen Spurwechsel.....</b>	<b>85</b>
<b>Tabelle B.5 — Automatisiertes Anhalten in einer Geraden .....</b>	<b>86</b>
<b>Tabelle B.6 — Versuchsvarianten Automatisiertes Anhalten im Kreis.....</b>	<b>89</b>
<b>Tabelle B.7 — Automatisierte Verzögerung im Slalom .....</b>	<b>91</b>
<b>Tabelle B.8 — Versuchsvarianten Doppelter Spurwechsel.....</b>	<b>93</b>
<b>Tabelle B.9 — Versuchsvarianten Lenkwinkelrampe.....</b>	<b>95</b>
<b>Tabelle B.10 — Versuchsvarianten Slalom.....</b>	<b>97</b>
<b>Tabelle B.11 — Relevante Manöver für Immobilisierung .....</b>	<b>98</b>
<b>Tabelle B.12 — Zusammenfassung der Akzeptanzkriterien .....</b>	<b>99</b>
<b>Tabelle B.13 — Dokumentation Fahrzeug.....</b>	<b>100</b>
<b>Tabelle B.14 — Allgemeine Versuchsinformationen .....</b>	<b>100</b>
<b>Tabelle B.15 — Messsignale .....</b>	<b>101</b>
<b>Tabelle C.1 — Aufteilung Entwicklungsverantwortung .....</b>	<b>103</b>
<b>Tabelle D.1 — Übersicht Erfahrungswerte.....</b>	<b>107</b>
<b>Tabelle E.1 — Typische Systemfehler und auszulösende Transition — Beispielarchitektur 1.....</b>	<b>113</b>
<b>Tabelle E.2 — Typische Systemfehler und auszulösende Transition — Beispielarchitektur 2.....</b>	<b>114</b>
<b>Tabelle E.3 — Typische Systemfehler und auszulösende Transition — bei weiterer Redundanz zur Fahrzeugquerführung.....</b>	<b>114</b>