

## **Inhalt**

	Seite
Europäisches Vorwort.....	9
Einleitung .....	10
1 Anwendungsbereich .....	13
2 Normative Verweisungen .....	14
3 Begriffe und Abkürzungen.....	14
3.1 Begriffe .....	14
3.2 Abkürzungen .....	20
4 Ziele, Konformität und Software-Integritätslevel .....	21
5 Softwaremanagement und -organisation .....	22
5.1 Organisation, Rollen und Verantwortlichkeiten .....	22
5.1.1 Ziel.....	22
5.1.2 Anforderungen.....	22
5.2 Kompetenz der Mitarbeiter .....	25
5.2.1 Ziele .....	25
5.2.2 Anforderungen.....	26
5.3 Fragen des Lebenszyklus und Dokumentation .....	26
5.3.1 Ziele .....	26
5.3.2 Anforderungen.....	26
6 Softwaresicherung.....	29
6.1 Softwaretests.....	29
6.1.1 Ziel.....	29
6.1.2 Eingangsdokumente.....	29
6.1.3 Ausgangsdokumente.....	29
6.1.4 Anforderungen.....	30
6.2 Softwareverifikation .....	30
6.2.1 Ziel.....	30
6.2.2 Eingangsdokumente.....	30
6.2.3 Ausgangsdokumente.....	31
6.2.4 Anforderungen.....	31
6.3 Softwarevalidierung .....	32
6.3.1 Ziel.....	32
6.3.2 Eingangsdokumente.....	32
6.3.3 Ausgangsdokumente.....	32
6.3.4 Anforderungen.....	32
6.4 Softwarebegutachtung.....	34
6.4.1 Ziel.....	34
6.4.2 Eingangsdokumente.....	34
6.4.3 Ausgangsdokumente.....	34

	Seite
6.4.4 Anforderungen .....	34
6.5 Software-Qualitätssicherung .....	36
6.5.1 Ziele.....	36
6.5.2 Eingangsdokumente .....	36
6.5.3 Ausgangsdokumente .....	36
6.5.4 Anforderungen .....	36
6.6 Änderungen und Änderungsmanagement .....	39
6.6.1 Ziele.....	39
6.6.2 Eingangsdokumente .....	39
6.6.3 Ausgangsdokumente .....	39
6.6.4 Anforderungen .....	39
6.7 Unterstützende Werkzeuge und Sprachen .....	40
6.7.1 Ziele.....	40
6.7.2 Eingangsdokumente .....	40
6.7.3 Ausgangsdokumente .....	40
6.7.4 Anforderungen .....	40
7 Softwareentwicklung .....	43
7.1 Lebenszyklus und Dokumentation für Software.....	43
7.1.1 Ziele.....	43
7.1.2 Anforderungen .....	43
7.2 Softwareanforderungen.....	44
7.2.1 Ziele.....	44
7.2.2 Eingangsdokumente .....	44
7.2.3 Ausgangsdokumente .....	44
7.2.4 Anforderungen .....	44
7.3 Architektur und Entwurf.....	46
7.3.1 Ziele.....	46
7.3.2 Eingangsdokumente .....	46
7.3.3 Ausgangsdokumente .....	46
7.3.4 Anforderungen .....	47
7.4 Komponentenentwurf .....	52
7.4.1 Ziele.....	52
7.4.2 Eingangsdokumente .....	52
7.4.3 Ausgangsdokumente .....	52
7.4.4 Anforderungen .....	53
7.5 Implementierung und Test der Komponenten.....	54
7.5.1 Ziele.....	54
7.5.2 Eingangsdokumente .....	54
7.5.3 Ausgangsdokumente .....	54

	Seite
7.5.4 Anforderungen.....	55
7.6 Integration.....	56
7.6.1 Ziele.....	56
7.6.2 Eingangsdokumente.....	56
7.6.3 Ausgangsdokumente.....	56
7.6.4 Anforderungen.....	56
7.7 Test der Gesamtsoftware/Abschließende Validierung.....	57
7.7.1 Ziele.....	57
7.7.2 Eingangsdokumente.....	57
7.7.3 Ausgangsdokumente.....	58
7.7.4 Anforderungen.....	58
7.8 Entwicklung von Software, die durch Anwendungsdaten konfiguriert wird.....	59
7.8.1 Ziel.....	59
7.8.2 Anforderungen.....	60
8 Systeme, die durch Anwendungsdaten konfiguriert werden: Entwicklung von Anwendungsdaten.....	60
8.1 Ziele.....	60
8.2 Eingangsdokumente.....	61
8.3 Ausgangsdokumente.....	61
8.4 Anforderungen.....	61
8.4.1 Anwendungsentwicklungsprozess.....	61
8.4.2 Anwendungs-Anforderungsspezifikation.....	62
8.4.3 Architektur und Entwurf.....	63
8.4.4 Generierung von Anwendungsdaten.....	63
8.4.5 Integration und Test der Anwendung.....	64
8.4.6 Validierung und Begutachtung der Anwendung.....	64
8.4.7 Verfahren und Werkzeuge der Anwendungsgenerierung.....	64
9 Bereitstellung und Wartung der Software.....	65
9.1 Bereitstellung der Software.....	65
9.1.1 Ziel.....	65
9.1.2 Eingangsdokumente.....	65
9.1.3 Ausgangsdokumente.....	65
9.1.4 Anforderungen.....	65
9.2 Wartung der Software.....	67
9.2.1 Ziel.....	67
9.2.2 Eingangsdokumente.....	67
9.2.3 Ausgangsdokumente.....	67
9.2.4 Anforderungen.....	67
Anhang A (normativ) Kriterien für die Auswahl der Techniken und Maßnahmen.....	70

	Seite
A.1 Allgemeines .....	70
A.2 Abschnittstabellen .....	71
A.3 Detailtabellen.....	77
Anhang B (normativ) Software-Schlüsselrollen und Verantwortlichkeiten .....	82
Anhang C (informativ) Zusammenfassung der Dokumentenkontrolle .....	89
Anhang D (informativ) Verfahrensübersicht .....	91
D.1 KI(Künstliche-Intelligenz)-Fehlerkorrektur.....	91
D.2 Analysierbare Programme .....	91
D.3 Avalanche-/Belastungstests.....	92
D.4 Grenzwertanalyse (en: Boundary Value Analysis).....	92
D.5 Rückwärts-Regeneration (en: Backward Recovery).....	93
D.6 Ursache-Wirkungsdiagramme (en: Cause Consequence Diagrams).....	93
D.7 Checklisten.....	93
D.8 Kontrollflussanalyse .....	94
D.9 Analyse gemeinsamer Fehler (en: Common Cause Failure Analysis) .....	94
D.10 Datenflussanalyse.....	95
D.11 Datenflussdiagramme (en: Data Flow Diagrams).....	95
D.12 Datenaufzeichnung und -analyse.....	96
D.13 Entscheidungstabellen und Wahrheitstabellen .....	96
D.14 Defensive Programmierung .....	97
D.15 Codierstandards und Anleitung zum Programmierstil (en: Coding Standards and Style Guide).....	97
D.16 Diversitäre Programmierung .....	99
D.17 Dynamische Rekonfiguration .....	99
D.18 Tests auf Basis von Äquivalenzklassen und Eingangsdaten-Unterteilung (en: Equivalence Classes and Input Partition Testing) .....	100
D.19 Fehlererkennende und -korrigierende Codes .....	100
D.20 Fehlererwartung (en: Error Guessing) .....	101
D.21 Fehlereinstreuung (en: Error Seeding) .....	101
D.22 Ereignisbaumanalyse (en: Event Tree Analysis) .....	101
D.23 Fagan-Inspektionen .....	102
D.24 „Failure Assertion“-Programmierung.....	102
D.25 Softwarefehler-Auswirkungsanalyse (en: Software Error Effect Analysis, SEEA).....	102
D.26 Fehlererkennung und Diagnose.....	103
D.27 Endliche Zustandsautomaten/Zustandsübergangsdigramme (en: Finite State Machines/State Transition Diagrams).....	104
D.28 Formale Methoden .....	104
D.28.1 Allgemeines.....	104
D.28.2 Kommunikation in sequentiellen Prozessen (en: Communicating Sequential Processes, CSP).....	105

	Seite
D.28.3 Berechnung von Kommunikationssystemen (en: Calculus of Communicating Systems, CCS).....	106
D.28.4 Logik höherer Ordnung (en: Higher Order Logic, HOL).....	106
D.28.5 LOTOS.....	106
D.28.6 OBJ.....	106
D.28.7 Temporallogik (en: Temporal Logic).....	107
D.28.8 Wiener Entwicklungsverfahren (en: Vienna Development Method, VDM).....	107
D.28.9 Z-Verfahren (en: Z method).....	108
D.28.10 B-Verfahren (en: B method).....	108
D.28.11 Model-Checking .....	109
D.29 Formaler Beweis.....	110
D.30 Vorwärts-Regeneration (en: Forward Recovery) .....	110
D.31 Abgestufte Funktionseinschränkungen (en: Graceful Degradation) .....	110
D.32 Auswirkungsanalyse.....	111
D.33 Information-Hiding/Kapselung .....	111
D.34 Schnittstellentests.....	111
D.35 Untermenge der Programmiersprache (en: Language Subset).....	112
D.36 Aufzeichnung ausgeführter Fälle (en: Memorising Executed Cases).....	112
D.37 Metriken.....	112
D.38 Modularer Ansatz .....	113
D.39 Leistungsmodellierung (en: Performance Modelling).....	113
D.40 Leistungsanforderungen (en: Performance Requirements).....	114
D.41 Wahrscheinlichkeitstests (en: Probabilistic Testing) .....	115
D.42 Prozesssimulation .....	115
D.43 Prototyping/Animation .....	116
D.44 Recovery Block.....	116
D.45 Antwortzeiten und Speicherbeschränkungen (en: Response Timing and Memory Constraints) .....	116
D.46 „Re-Try Fault Recovery“-Mechanismen .....	117
D.47 Externe Überwachungseinrichtung (en: Safety Bag) .....	117
D.48 Software-Konfigurationsmanagement.....	117
D.49 Streng typisierte Programmiersprachen.....	117
D.50 Strukturabhängige Tests (en: Structure Based Testing).....	118
D.51 Strukturdiagramme .....	118
D.52 Strukturierte Methodik .....	119
D.53 Strukturierte Programmierung .....	120
D.54 Geeignete Programmiersprachen .....	120
D.55 Zeit-Petri-Netze .....	121
D.56 Walkthroughs/Entwurfsüberprüfungen .....	121
D.57 Objektorientierte Programmierung .....	122

	Seite
D.58 Rückverfolgbarkeit (en: Traceability) .....	122
D.59 Metaprogrammierung .....	123
D.60 Prozedurale Programmierung .....	123
D.61 <i>Abschnitt absichtlich leer gelassen.</i> .....	124
D.62 <i>Abschnitt absichtlich leer gelassen.</i> .....	124
D.63 <i>Abschnitt absichtlich leer gelassen.</i> .....	124
D.64 <i>Abschnitt absichtlich leer gelassen.</i> .....	124
D.65 Datenmodellierung .....	124
D.66 Kontrollflussdiagramm/Kontrollflussgraph .....	124
D.67 Ablaufdiagramm (en: Sequence Diagram).....	126
D.68 Tabellarische Spezifikationsverfahren .....	126
D.69 Anwendungsspezifische Sprache .....	126
D.70 UML (Unified Modelling Language) .....	126
D.71 Domänenspezifische Sprachen (en: Domain Specific Languages, DSL).....	127
D.72 Trennung (en: Segregation).....	128
Anhang E (informativ) Änderungen in dieser Europäischen Norm im Vergleich zu EN 50128:2011 .....	130
Anhang ZZ (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der EU-Richtlinie 2008/57/EG.....	137
Literaturhinweise .....	138
<b>Bilder</b>	
Bild 1 – Software, Übersicht über das Vorgehen .....	12
Bild 2 – Darstellung der bevorzugten Organisationsstruktur.....	23
Bild 3 – Beispielhafter Entwicklungslebenszyklus 1 .....	28
Bild 4 – Beispielhafter Entwicklungslebenszyklus 2.....	29
<b>Tabellen</b>	
Tabelle 1 – Beziehung zwischen Werkzeugklasse und anwendbaren Abschnitten .....	43
Tabelle A.1 – Fragen des Lebenszyklus und der Dokumentation (5.3) .....	71
Tabelle A.2 – Software Anforderungsspezifikation (7.2).....	73
Tabelle A.3 – Softwarearchitektur (7.3).....	73
Tabelle A.4 – Softwareentwurf und -implementierung (7.3 und 7.4).....	74
Tabelle A.5 – Verifikation und Testen (6.2, 7.3 und 7.4).....	75
Tabelle A.6 – Integration (7.6).....	75
Tabelle A.7 – Testen der Gesamtsoftware (6.2 und 7.7) .....	75
Tabelle A.8 – Software-Analysetechniken (6.3) .....	76
Tabelle A.9 – Software-Qualitätssicherung (6.5) .....	76
Tabelle A.10 – Softwarewartung (9.2).....	76
Tabelle A.11 – Techniken für die Datengenerierung (8.4) .....	77
Tabelle A.12 – Codierstandards .....	77
Tabelle A.13 – Dynamische Analyse und Testen .....	78

	Seite
Tabelle A.14 – Funktions-/Black-Box-Tests .....	78
Tabelle A.15 – Absichtlich leer gelassen .....	78
Tabelle A.16 – Absichtlich leer gelassen .....	78
Tabelle A.17 – Modellierung .....	78
Tabelle A.18 – Leistungstests .....	79
Tabelle A.19 – Statische Analyse .....	79
Tabelle A.20 – Komponenten .....	79
Tabelle A.21 – Testabdeckung für Code .....	80
Tabelle A.22 – Objektorientierte Softwarearchitektur .....	81
Tabelle A.23 – Objektorientierter detaillierter Entwurf .....	81
Tabelle B.1 – Spezifikation der Rolle des Anforderungsmanagers .....	82
Tabelle B.2 – Spezifikation der Rolle des Entwerfers .....	83
Tabelle B.3 – Spezifikation der Rolle des Implementierers .....	83
Tabelle B.4 – Spezifikation der Rolle des Testers .....	84
Tabelle B.5 – Spezifikation der Rolle des Verifizierers .....	84
Tabelle B.6 – Spezifikation der Rolle des Integrators .....	85
Tabelle B.7 – Spezifikation der Rolle des Validierers .....	86
Tabelle B.8 – Spezifikation der Rolle des Gutachters .....	87
Tabelle B.9 – Spezifikation der Rolle des Projektmanagers .....	88
Tabelle B.10 – Spezifikation der Rolle des Konfigurationsmanagers .....	88
Tabelle C.1 – Zusammenfassung der Dokumentenkontrolle .....	89
Tabelle E.1 – Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und EN 50128:2011 .....	130
Tabelle ZZ.1 – Übereinstimmung zwischen dieser Europäischen Norm, der TSI „Lokomotiven und Personenwagen“ (VERORDNUNG (EU) Nr. 1302/2014 vom 18. November 2014) und der Richtlinie 2008/57/EG .....	137