DIN EN 16605:2025-06 (D)

Raumfahrt - Galileo Timing Receiver - Funktions- und Leistungsanforderungen und zugehörige Tests; Deutsche Fassung EN 16605:2024

Inhalt

Seite

Europäisches Vorwort 9

Einleitung 10

1 Anwendungsbereich 12

2 Normative Verweisungen 13

3 Begriffe und Abkürzungen 13
3.1 Begriffe 13
3.2 Abkürzungen 19

4 Galileo-Zeitgebungsdienst 22
4.1 Einführung in Timing-Receiver und Zeitgebungs-Referenzen 22
4.2 Galileo-Zeitgebungsdienst – Genauigkeit und Verfügbarkeit 24
4.3 Galileo-Zeitgebungsdienst – Integritätsfähigkeit 24
4.3.1 Allgemeines 24
4.3.2 Definition einer fehlerfreien Zeitgebungslösung 25
4.3.3 Definition einer fehlerhaften Zeitgebungslösung 25
4.3.4 High-Level Architektur des Galileo-Zeitgebungsdienstes 26
4.3.5 Verarbeitung von Zeitgebungs-Flags 27
4.3.6 Allgemeine Entscheidungslogik des Galileo Timing Receivers 27
4.3.7 Zeit bis zur Warnung und Zeit für die Benachrichtigung 31
4.3.8 Verarbeitung von T-RAIM 32

5 Anforderungen an Galileo Timing Receiver 32
5.1 Definitionen 32
5.2 Mindestmerkmale für die Ausrüstung 33
5.3 Funktionsanforderungen 35
5.3.1 Verarbeitete Konstellationen 35
5.3.2 Verarbeitete Frequenzen 35
5.3.3 Back-up-Modi 35
5.3.4 Dynamik des Nutzers 35
5.3.5 Zeitskalen 36
5.3.6 Verarbeitung von Zeitgebungs-Flags und Integritätsanforderungen 36
5.3.7 Funktionsanforderungen und Konsistenzprüfungen für T-RAIM 42
5.3.8 Anti-Störsendung-Fähigkeiten 42
5.3.9 Galileo OS-NMA-Verarbeitung 44
5.3.10 Holdover-Fähigkeiten 44
5.3.11 Minderung von Mehrwegausbreitungen 44
5.3.12 Besondere Anforderungen an Konfiguration und Ausgabe 45
5.4 Leistungsanforderungen 45
5.4.1 Allgemeines 45
5.4.2 Genauigkeitsanforderungen 46
5.4.3 Anforderungen an die Verfügbarkeit 47
5.4.4 Integritätsanforderungen 47
5.4.5 Leistungen und Schwellenwerte von T-RAIM 50
5.4.6 Holdover-Zeitüberschreitung 50

6 Verifizierung von Galileo Timing Receivern 50
6.1 Allgemeines 50

6.2 Prüfpolitik für Galileo Timing Receiver 51
6.3 Strategie für die Verifizierung der Galileo Timing Receiver 51
6.3.1 Verifizierungsverfahren 51
6.3.2 Verifizierungsstrategie für Galileo Timing Receiver 52
6.3.3 Prüfreihe für Galileo Timing Receiver 53
6.4 Prüfumgebung 57
6.4.1 Allgemeines 57
6.4.2 Prüfumgebung für die Aufzeichnung und Wiedergabe 58
6.5 Festlegung der Antennenbedingungen 63
6.5.1 Klarer Himmel 63
6.5.2 Klarer Himmel mit Hindernissen 63
6.5.3 Günstiger Innenraum 64
6.6 Fehlerbudgets für die Prüfungen 65
6.7 Rückverfolgbarkeitsmatrix: Anforderungen gegen Verifizierungsverfahren 66
6.7.1 Rückverfolgbarkeit 66
6.7.2 Funktionen des Receivers, die durch das Überprüfungsverfahren verifiziert wurden 68
6.8 Prüfung von Galileo Timing Receivern 68
6.8.1 Prüfkonfiguration für Aufzeichnung und Wiedergabe 68
6.8.2 Kalibrierung der Zeitverzögerungen 74
6.8.3 Für die Verifizierung der Funktionen der Galileo Timing Receiver (TC-01) 75
6.8.4 GST-Dienststufe 1 (TC-02) 76
6.8.5 GST-Dienststufe 2 (TC-03) 77
6.8.6 GST-Dienststufe 3 (TC-04) 78
6.8.7 UTC-Dienststufe 1 (TC-05) 79
6.8.8 UTC-Dienststufe 2 (TC-06) 80
6.8.9 UTC-Dienststufe 3 (TC-07) 81
6.8.10 Leistungen in beeinträchtigter Umgebung (TC-08) 82
6.8.11 Leistungen in günstiger Innenraumumgebung (TC-09) 83
6.8.12 Prüfung auf Robustheit gegenüber Störbeeinflussungen: Nominelle Bedingungen (TC-10) 84
6.8.13 Prüfung auf Robustheit gegenüber Störbeeinflussungen: Verschlechterte Bedingungen (TC-11) 85
6.8.14 Prüfung der T-RAIM-Leistungen (TC-12) 87
6.8.15 Prüfung des Receiver-Rauschens (TC-13) 91

Anhang A (informativ) Gleichungen für die GNSS-Zeitgebung 93

Anhang B (informativ) Leitlinien für Installation und Instandhaltung 96
B.1 Installation von Antennen, Kabeln und Receivern 96
B.1.1 Allgemeines 96
B.1.2 Auswahl einer GNSS-Antenne 96
B.1.3 Aufstellen und Installieren der GNSS-Antenne 97
B.1.4 Anschluss an die Antenne: Kabel 98
B.1.5 Überprüfung der Antenneninstallation 98
B.1.6 Verwendung von zusätzlichen Produkten 98
B.1.7 Bewertung der Signaldämpfung zur Validierung der Kabellänge 99
B.1.8 Minderung von Mehrwegausbreitung 100
B.1.9 Weitere Empfehlungen 101
B.2 Präzise Berechnung der Antennenposition 101
B.2.1 Allgemeines 101
B.2.2 Erforderliche Eingaben für die Durchführung eines PPP zur präzisen Berechnung der Antennenposition des Galileo Timing Receivers 102
B.2.3 Verfügbare Online-PPP-Dienste 102
B.3 Anfängliche Kalibrierung der Zeitverzögerungen der 1PPS Empfängerkette 102
B.4 Regelmäßige Rekalibrierung 107

Anhang C (informativ) Zusätzliche Informationen zur Aufzeichnung und Wiedergabe 108
C.1 Quellen für Referenzzeittakt 108

Anhang D (informativ) Definition der Zeitgebungs-Flags 111

Anhang E (normativ) Bereitstellung von Aufzeichnungs- und Wiedergabedateien 116
E.1 Anforderungen an die Datenerfassung für die R&R 116
E.1.1 Technische Dokumentation 116
E.1.2 Personal 117
E.1.3 Digitalisierung von GNSS-Signalen 117
E.1.4 GNSS-Konstellationssimulator 119
E.2 Anforderungen an die Validierung von R&R-Daten 119
E.2.1 Validierung der Einsatzprüfung 119
E.2.2 Validierung der digitalisierten GNSS-Signale 120
Anhang F (informativ) Begründung der nominellen RFI-Umgebung 122
Anhang G (informativ) Validierung der Prüfung des Receiver-Rauschens (TC-13) 123
Literaturhinweise 124

Bilder

Bild 1 — Darstellung von 1PPS- und TOD-Signalen 23
Bild 2 — Architektur des Galileo-Zeitgebungsdienstes [30] 26
Bild 3 — Galileo Timing Receiver, Teil der Verarbeitung der Entscheidungslogik in Bezug auf die Verarbeitung von T-RAIM und Zeitgebungs-Flags 29
Bild 4 — Verarbeitungslogik von Galileo-OS-SIS-Statusflags und Galileo-TSM-GST-Statusflag für SL2- und SL3-Nutzer 30
Bild 5 — Verarbeitungslogik von Galileo-OS-SIS-Statusflags und Galileo-TSM-GST-Statusflags für SL1-Nutzer 30
Bild 6 — Verarbeitungslogik von Galileo-OS-SIS-Statusflags und Galileo-TSM-UTC-Statusflag für SL2- und SL3-Nutzer 31
Bild 7 — Verarbeitungslogik von Galileo-OS-SIS-Statusflags und Galileo-TSM-UTC-Statusflags für SL1-Nutzer 31
Bild 8 — Bitwerte für den Signalzustand nach [2] 41
Bild 9 — Datenvaliditätsstatus (DVS) nach [2] 41
Bild 10 — Beispiel eines Blockdiagramms für die Einstellung der Aufzeichnung (oben) und Wiedergabe (unten) zum Vergleich der Echtzeit und der aufgezeichneten GST-1PPS-Leistung SDR berücksichtigt, als Beispiel 59
Bild 11 — Vergleich des Zeitfehlers zwischen dem 1PPS-Ausgang des zu prüfenden Galileo-Receivers mit realen HF-Signalen und wiedergegebenen HF-Signalen mit verschiedenen Frequenzreferenzquellen 61
Bild 12 — Dämpfung für die Definition von Straßenschlucht für TC-08 (Bild aus DELEGIERTE VERORDNUNG (EU) 2017/79) 64
Bild 13 — Aufbau der Verbindungen zur Durchführung von Prüfung TC-1 SDR als ein Beispiel 70
Bild 14 — Aufbau der Verbindungen zur Durchführung der Prüfungen TC-02 bis TC-09 SDR als ein Beispiel 71

Bild 15 — Zwei verschiedene Aufbauten zur Durchführung der Prüfungen von TC-10 und TC-11 SDR als ein Beispiel 73

Bild 16 — Aufbau der Verbindungen zur Durchführung von Prüfung TC-13 SDR als ein Beispiel 74

Bild 17 — Beispiel eines TC-12-Aufbaus zur Durchführung der Prüfungen mit einem Simulator 89

Bild B.1 — Zwei mögliche Verwendungen eines Kalibrierkits 104

Bild C.1 — GPSDO und OCXO Überlappende ADEV nach 5 Tagen gemessener Zeitintervalle 108

Bild C.2 — GPSDO und OCXO TDEV nach 5 Tagen gemessener Zeitintervalle 109

Bild C.3 — GPSDO und OCXO MTIE nach 5 Tagen gemessener Zeitintervalle 109

Bild D.1 — Nachrichtentyp I/NAV Überwachung des Zeitgebungsdienstes 111

Tabellen

Tabelle 1 — Abkürzungen 19

Tabelle 2 — Zusammenfassung der End-to-End-Ziele des Galileo-Zeitgebungsdienstes, die dank der Norm erreicht werden können (Genauigkeit und Integrität) 33

Tabelle 3 — Zusammenfassung der Mindestmerkmale für die Ausrüstung zur Erfüllung der Dienststufen 33

Tabelle 4 — Dienststufen 36

Tabelle 5 — Interpretation der GST-Status-Flags in Galileo E1 oder E5b 37

Tabelle 6 — Interpretation der GST-UST-Status-Flags in Galileo E1 oder E5b 38

Tabelle 7 — Merkmale von CW- und Chirp-HF-Störbeeinflussungen 43

Tabelle 8 — Überblick über die Galileo-Prüfreihe 53

Tabelle 9 — Prüfungen, die jedes Produkt abhängig von der angestrebten Dienststufe bestehen muss 57

Tabelle 10 — Definition von Straßenschlucht für TC-08 63

Tabelle 11 — Diagramm der Straßenschlucht für TC-08 — Dämpfung 64

Tabelle 12 — Fehlerbudget für Einstellungen für die Aufzeichnung und die Wiedergabe 65

Tabelle 13 — Rückverfolgbarkeitsmatrix, Anforderungen gegen Verifizierungsverfahren 66

Tabelle 14 — Prüfszenarien 75

Tabelle 15 — GALILEO KONSTELLATIONS-ALMANACH auf GAL EPOCH 2017/01/01 00:00:0 nach [51] 89

Tabelle 16 — T-RAIM-Kriterien für das Bestehena.1 90

Tabelle D.1 — UTC-Status-Flag 112

Tabelle D.2 — Ausgabe von GST-UTC-Parametern 112

Tabelle D.3 — GST-Status-Flag 112

Tabelle D.4 — Bitzuweisung für I/NAV- Word Type 6 nach [51] 114

Tabelle D.5 — Bitzuweisung für F/NAV E5a-I page type 4 nach [51] 114

Tabelle D.6 — Werte der Ausgabe der Stapel von GST-UTC-Parametern 115

Tabelle G.1 — Beispielhafte Ergebnisse für TC-13 und entsprechendes GST-Rauschen 123