

DIN EN 16605



ICS 33.070.40; 49.140

Einsprüche bis 2024-06-12

Entwurf

**Raumfahrt –
Galileo Timing Receiver –
Funktions- und Leistungsanforderungen und zugehörige Tests;
Deutsche und Englische Fassung prEN 16605:2024**

Space –
Galileo Timing Receiver –
Functional and performance requirements and associated tests;
German and English version prEN 16605:2024

Espace –
Récepteur de synchronisation Galileo –
Exigences fonctionnelles et de performance et essais associés;
Version allemande et anglaise prEN 16605:2024

Anwendungswarnvermerk

Dieser Entwurf mit Erscheinungsdatum 2024-04-12 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil das beabsichtigte Dokument von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nl@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Luft- und Raumfahrt (NL), 10772 Berlin oder Am DIN-Platz, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin.

Es wird gebeten, mit den Kommentaren zu diesem Entwurf jegliche relevanten Patentrechte, die bekannt sind, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 233 Seiten

DIN-Normenausschuss Luft- und Raumfahrt (NL)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 16605:2024) wurde vom Technischen Komitee CEN/CLC/JTC 5 „Raumfahrt“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 131-06-01 AA „Raumfahrt“ im DIN-Normenausschuss Luft- und Raumfahrt (NL).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

März 2024

prEN 16605

Raumfahrt – Galileo Timing Receiver – Funktions- und Leistungsanforderungen und zugehörige Tests

Space – Galileo Timing Receiver – Functional and performance requirements and associated tests

Espace – Récepteur de synchronisation Galileo – Exigences fonctionnelles et de performance et essais associés

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	6
Einleitung	7
1 Anwendungsbereich	8
2 Normative Verweisungen	9
3 Begriffe	9
3.1 Abkürzungen	9
3.2 Begriffe	12
4 Galileo-Zeitgebungsdienst	17
4.1 Einführung in Timing-Receiver und Zeitgebungs-Referenzen	17
4.2 Galileo-Zeitgebungsdienst – Genauigkeit und Verfügbarkeit	19
4.3 Galileo-Zeitgebungsdienst – Integritätsfähigkeit	19
4.3.1 Allgemeines	19
4.3.2 Definition einer fehlerfreien Zeitgebungslösung	20
4.3.3 Definition einer fehlerhaften Zeitgebungslösung	20
4.3.4 High-Level Architektur des Galileo-Zeitgebungsdienstes	21
4.3.5 Verarbeitung von Zeitgebungs-Flags	21
4.3.6 Allgemeine Entscheidungslogik des Galileo Timing Receivers	22
4.3.7 Zeit bis zur Warnung und Zeit für die Benachrichtigung	27
4.3.8 Verarbeitung von T-RAIM	27
5 Anforderungen an Galileo Timing Receiver	27
5.1 Definitionen	27
5.2 Mindestmerkmale für die Ausrüstung	28
5.3 Funktionsanforderungen	29
5.3.1 Verarbeitete Konstellationen	29
5.3.2 Verarbeitete Frequenzen	30
5.3.3 Back-up-Modi	30
5.3.4 Dynamik des Nutzers	30
5.3.5 Zeitskalen	31
5.3.6 Verarbeitung von Zeitgebungs-Flags und Integritätsanforderungen	31
5.3.7 Funktionsanforderungen und Konsistenzprüfungen für T-RAIM	36
5.3.8 Anti-Störsendung-Fähigkeiten	37
5.3.9 Galileo OS-NMA-Verarbeitung	38
5.3.10 Holdover-Fähigkeiten	39
5.3.11 Minderung von Mehrwegausbreitungen	39
5.3.12 Besondere Anforderungen an Konfiguration und Ausgabe	40
5.4 Leistungsanforderungen	40
5.4.1 Allgemeines	40
5.4.2 Genauigkeitsanforderungen	40
5.4.3 Anforderungen an die Verfügbarkeit	41
5.4.4 Integritätsanforderungen	41
5.4.5 Leistungen und Schwellenwerte von T-RAIM	44
5.4.6 Holdover-Zeitüberschreitung	45
6 Verifizierung von Galileo Timing Receivern	45
6.1 Allgemeines	45
6.2 Prüfpolitik für Galileo Timing Receiver	45
6.3 Strategie für die Verifizierung der Galileo Timing Receiver	46
6.3.1 Verifizierungsverfahren	46
6.3.2 Verifizierungsstrategie für Galileo Timing Receiver	46
6.3.3 Prüfreihe für Galileo Timing Receiver	47
6.4 Prüfumgebung	52
6.4.1 Allgemeines	52

6.4.2	Prüfumgebung für die Aufzeichnung und Wiedergabe	53
6.5	Festlegung der Antennenbedingungen	57
6.5.1	Klarer Himmel	57
6.5.2	Klarer Himmel mit Hindernissen	58
6.5.3	Günstiger Innenraum	59
6.6	Fehlerbudgets für die Prüfungen	59
6.7	Rückverfolgbarkeitsmatrix: Anforderungen gegen Verifizierungsverfahren	60
6.7.1	Rückverfolgbarkeit	60
6.7.2	Funktionen des Receivers, die durch das Überprüfungsverfahren verifiziert wurden	63
6.8	Prüfung von Galileo Timing Receivern	63
6.8.1	Prüfkonfiguration für Aufzeichnung und Wiedergabe	63
6.8.2	Kalibrierung der Zeitverzögerungen	69
6.8.3	Für die Verifizierung der Funktionen der Galileo Timing Receiver (TC-01)	70
6.8.4	GST-Dienststufe 1 (TC-02)	71
6.8.5	GST-Dienststufe 2 (TC-03)	72
6.8.6	GST-Dienststufe 3 (TC-04)	73
6.8.7	UTC-Dienststufe 1 (TC-05)	74
6.8.8	UTC-Dienststufe 2 (TC-06)	75
6.8.9	UTC-Dienststufe 3 (TC-07)	76
6.8.10	Leistungen in beeinträchtigter Umgebung (TC-08)	77
6.8.11	Leistungen in günstiger Innenraumumgebung (TC-09)	77
6.8.12	Prüfung auf Robustheit gegenüber Störbeeinflussungen: Nominelle Bedingungen (TC-10)	78
6.8.13	Prüfung auf Robustheit gegenüber Störbeeinflussungen: Verschlechterte Bedingungen (TC-11)	79
6.8.14	Prüfung der T-RAIM-Leistungen (TC-12)	81
6.8.15	Prüfung des Receiver-Rauschens (TC-13)	85
Anhang A	(informativ) Gleichungen für die GNSS-Zeitgebung	87
Anhang B	(informativ) Leitlinien für Installation und Instandhaltung	90
B.1	Installation von Antennen, Kabeln und Receivern	90
B.1.1	Allgemeines	90
B.1.2	Auswahl einer GNSS-Antenne	90
B.1.3	Aufstellen und Installieren der GNSS-Antenne	91
B.1.4	Anschluss an die Antenne: Kabel	92
B.1.5	Überprüfung der Antenneninstallation	92
B.1.6	Verwendung von zusätzlichen Produkten	92
B.1.7	Bewertung der Signaldämpfung zur Validierung der Kabellänge	93
B.1.8	Minderung von Mehrwegausbreitung	94
B.1.9	Weitere Empfehlungen	95
B.2	Präzise Berechnung der Antennenposition	95
B.2.1	Allgemeines	95
B.2.2	Erforderliche Eingaben für die Durchführung eines PPP zur präzisen Berechnung der Antennenposition des Galileo Timing Receivers	95
B.2.3	Verfügbare Online-PPP-Dienste	96
B.3	Anfängliche Kalibrierung der Zeitverzögerungen der 1PPS Empfängerkette	96
B.4	Regelmäßige Rekalibrierung	100
Anhang C	(informativ) Zusätzliche Informationen zur Aufzeichnung und Wiedergabe	101
C.1	Quellen für Referenzzeittakt	101
Anhang D	(informativ) Definition der Zeitgebungs-Flags	104
Anhang E	(normativ) Bereitstellung von Aufzeichnungs- und Wiedergabedateien	108
E.1	Anforderungen an die Datenerfassung für die R&R	108
E.1.1	Technische Dokumentation	108
E.1.2	Personal	109
E.1.3	Digitalisierung von GNSS-Signalen	109
E.1.4	GNSS-Konstellationssimulator	111
E.2	Anforderungen an die Validierung von R&R-Daten	111
E.2.1	Validierung der Einsatzprüfung	111
E.2.2	Validierung der digitalisierten GNSS-Signale	111

Anhang F (informativ) Begründung der nominellen RFI-Umgebung	113
Anhang G (informativ) Validierung der Prüfung des Receiver-Rauschens (TC-13)	114
Literaturhinweise	115

Bilder

Bild 1 — Darstellung von 1PPS- und TOD-Signalen	18
Bild 2 — Architektur des Galileo-Zeitgebungsdienstes [75]	21
Bild 3 — Galileo Timing Receiver, Teil der Verarbeitung der Entscheidungslogik in Bezug auf die Verarbeitung von T-RAIM und Zeitgebungs-Flags	24
Bild 4 — Verarbeitungslogik von Galileo-OS-SIS-Statusflags und Galileo-TSM-GST-Statusflag für SL2- und SL3-Nutzer	25
Bild 5 — Verarbeitungslogik von Galileo-OS-SIS-Statusflags und Galileo-TSM-GST-Statusflags für SL1-Nutzer	25
Bild 6 — Verarbeitungslogik von Galileo-OS-SIS-Statusflags und Galileo-TSM-UTC-Statusflag für SL2- und SL3-Nutzer	26
Bild 7 — Verarbeitungslogik von Galileo-OS-SIS-Statusflags und Galileo-TSM-UTC-Statusflags für SL1-Nutzer	26
Bild 8 — Bitwerte für den Signalzustand nach [2]	36
Bild 9 — Datenvaliditätsstatus (DVS) nach [2]	36
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	54
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	55
Bild 12 — Dämpfung für die Definition von Straßenschlucht für TC-08 (Bild aus DELEGIERTE VERORDNUNG (EU) 2017/79)	58
Bild 13 — Aufbau der Verbindungen zur Durchführung von Prüfung TC-1 SDR als ein Beispiel	65
Bild 14 — Aufbau der Verbindungen zur Durchführung der Prüfungen TC-02 bis TC-09 SDR als ein Beispiel	66
Bild 15 — Zwei verschiedene Aufbauten zur Durchführung der Prüfungen von TC-10 und TC-11 SDR als ein Beispiel	68
Bild 16 — Aufbau der Verbindungen zur Durchführung von Prüfung TC-13 SDR als ein Beispiel	69
Bild 17 — Beispiel eines TC-12-Aufbaus zur Durchführung der Prüfungen mit einem Simulator	83
Bild B.1 — Zwei mögliche Verwendungen eines Kalibrierkits	98
Bild C.1 — GPSDO und OCXO Überlappende ADEV nach 5 Tagen gemessener Zeitintervalle	101
Bild C.2 — GPSDO und OCXO TDEV nach 5 Tagen gemessener Zeitintervalle	102
Bild C.3 — GPSDO und OCXO MTIE nach 5 Tagen gemessener Zeitintervalle	102
Bild D.1 — Nachrichtentyp I/NAV Überwachung des Zeitgebungsdienstes	104

Tabellen

Tabelle 1 — Abkürzungen	9
Tabelle 2 — Zusammenfassung der End-to-End-Ziele des Galileo-Zeitgebungsdienstes, die dank der Norm erreicht werden können (Genauigkeit und Integrität)	28
Tabelle 3 — Zusammenfassung der Mindestmerkmale für die Ausrüstung zur Erfüllung der Dienststufen	28
Tabelle 4 — Dienststufen	31
Tabelle 5 — Interpretation der GST-Status-Flags in Galileo E1 oder E5b	32
Tabelle 6 — Interpretation der GST-UST-Status-Flags in Galileo E1 oder E5b	32
Tabelle 7 — Merkmale von CW- und Chirp-HF-Störbeeinflussungen	38
Tabelle 8 — Überblick über die Galileo-Prüfreihe	48

Tabelle 9 — Prüfungen, die jedes Produkt abhängig von der angestrebten Dienststufe bestehen muss	52
Tabelle 10 — Definition von Straßenschlucht für TC-08	58
Tabelle 11 — Diagramm der Straßenschlucht für TC-08 — Dämpfung	59
Tabelle 12 — Fehlerbudget für Einstellungen für die Aufzeichnung und die Wiedergabe	60
Tabelle 13 — Rückverfolgbarkeitsmatrix, Anforderungen gegen Verifizierungsverfahren	61
Tabelle 14 — Prüfzenarien	70
Tabelle 15 — GALILEO KONSTELLATIONS-ALMANACH auf GAL EPOCH 2017/01/01 00:00:0 nach [45]	83
Tabelle 16 — T-RAIM-Kriterien für das Bestehen	84
Tabelle D.1 — UTC-Status-Flag	105
Tabelle D.2 — Ausgabe von GST-UTC-Parametern	105
Tabelle D.3 — GST-Status-Flag	105
Tabelle D.4 — Bitzuweisung für I/NAV- Word Type 6 nach [51]	106
Tabelle D.5 — Bitzuweisung für F/NAV E5a-I page type 4 nach [51]	106
Tabelle D.6 — Werte der Ausgabe der Stapel von GST-UTC-Parametern	107
Tabelle G.1 — Beispielhafte Ergebnisse für TC-13 und entsprechendes GST-Rauschen	114

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 16605:2024) wurde vom Technischen Komitee CEN/CLC/JTC 5 „Raumfahrt“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Einleitung

Die Zeitgebungs-Fähigkeiten, die allen globalen Navigationssatellitensystemen (GNSS, en: global navigation satellite system) inhärent sind, stellen einen überragenden Vorteil dar, der Zeitgebungs-Lösungen von hervorragender Leistung weltweit ermöglicht. Diese Fähigkeiten können vor allem von Sektoren genutzt werden, die für das Funktionieren der modernen Gesellschaft von strategischer Bedeutung sind. Dies sind die kritischen Infrastrukturen wie z. B. Telekommunikation, Energie und Finanzwesen. Obwohl die Zeitgebung an sich einen kleinen Markt im Vergleich zu anderen Märkten ausmacht, wenn nur Timing-Receiver berücksichtigt werden, ist sie eine Voraussetzung für kritische Infrastrukturen und somit wichtig für die gesamte europäische Wirtschaft und Gesellschaft. Über diese strategischen Sektoren hinaus wird Zeitgebung auch in einer Vielzahl von Anwendungen wie dem Messwesen, der Fernerkundung und der Erforschung der Atmosphäre eingesetzt.

Die Bedeutung der Zeitgebungsfähigkeit wurde von der Europäischen Kommission als so bedeutend erachtet, dass ihr die Kategorie eines eigenständigen Dienstes im Rahmen des Galileo-Dienstportfolios zuerkannt wurde. Dies wurde auf der Ebene einer EU-Verordnung formalisiert [66].

Die Definition des Dienstes beginnt eindeutig mit der Berücksichtigung der Bedürfnisse der vorgesehenen Nutzer und muss flexibel sein, um sich deren Entwicklungen anzupassen. Zu diesem Zweck fanden Beratungen mit interessierten Parteien und Interaktionen mit der Benutzergemeinschaft statt, die zur Feststellung der Notwendigkeit führten, die Robustheit und das Vertrauen in die Zeitgebungs-Produkte zu erhöhen. Dieser Aspekt wurde dann als ein wesentliches Merkmal in den Galileo-Zeitgebungsdienst aufgenommen.

Nachdem die Merkmale des Dienstes und die damit verbundenen Leistungsziele definiert wurden, bedeutet die Implementierung der Bereitstellung des Dienstes die Zusammenstellung aller erforderlichen Elemente, um diese Ziele zu erreichen und sicherzustellen, dass sie während der Lebensdauer des Dienstes aufrechterhalten werden.

Wenn der Dienst eingerichtet ist, werden die Nutzer durch eine formelle Diensterklärung darüber informiert, dass sie sich ab diesem Zeitpunkt für die Entwicklung ihrer eigenen Anwendungen auf ihn verlassen können.

Das Konzept des Galileo-Zeitgebungsdienstes beruht auf zwei Grundpfeilern:

- Verbreitung von Informationen für die Zeitgebungs-Nutzer, gebündelt in einer Zeitgebungsdienst-Nachricht als Teil des Galileo-Signals im Weltraum,
- Standard für Galileo Timing Receiver, um sicherzustellen, dass die bereitgestellten Informationen in geeigneter Weise verarbeitet werden, und die Implementierung lokaler Barrieren zur Verbesserung der Robustheit.

Der Zweck dieser Norm ist es, Anforderungen und Prüfungen für Galileo Timing Receiver als Teil des Galileo-Zeitgebungsdienstes festzulegen. Die Zielnutzer der Norm sind alle Nutzer der Galileo-Zeitgebung, mit besonderem Schwerpunkt auf kritische Infrastrukturen und kritische Anwendungen. Die Norm berücksichtigt die Besonderheiten des Galileo-Zeitgebungsdienstes. Dies ist wesentlich, um die End-to-End-Leistung des Galileo-Zeitgebungsdienstes für diejenigen Nutzer sicherzustellen, die einen nach der Norm entwickelten Receiver verwenden. Der Galileo-Zeitgebungsdienst deckt den Bedarf und die Anforderungen an die Zeitgebung und die Synchronisierung für die meisten Nutzer ab und wird von den kritischen Infrastrukturen in den Bereichen Energie, Telekommunikation und Finanzwesen bestimmt. Der Galileo-Zeitgebungsdienst sieht die entsprechende Unterstützung verschiedener Dienstüberwachungsebenen vor, was sich in der Norm widerspiegelt.

Abschließend ist darauf hinzuweisen, dass, obwohl GNSS-Receiver bereits für Zeitgebungsdienste eingesetzt werden – insbesondere GPS, da es das erste betriebsfähige GNSS-System war –, es keine zugehörige Norm gibt. Dies ist also eine erste Norm, die von der Europäischen Kommission voll unterstützt wird, was die Bedeutung der Zeitgebungsdienste auf EU-Ebene unterstreicht.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt die Funktions- und Leistungsanforderungen sowie die zugehörigen Prüfungen für Galileo Timing Receiver fest. Der Ansatz für dieses Dokument ist ein leistungsbasierter, was bedeutet, dass keine spezifische Implementierung von Algorithmen erforderlich ist. Stattdessen werden die Leistungsanforderungen zusammen mit einer entsprechenden Prüfreihe zur Verifizierung festgelegt.

Der Gegenstand dieses Dokuments ist der Galileo-Chipsatz. Andere Sensoren und/oder eine zusätzliche Verarbeitung, mit denen eine höhere Synchronisationseinheit auf dem Galileo-Chipsatz implementiert werden kann, sind nicht Gegenstand dieses Dokuments.

Dieses Dokument deckt die folgenden Aspekte im Zusammenhang mit Galileo Timing Receivern ab:

- Verarbeitete GNSS-Konstellationen und Frequenzen: Galileo-Zweifrequenz. Andere Modi sind optional, wie nachstehend erläutert;
- Zeitskalen, einschließlich Galileo-Systemzeit und koordinierte Weltzeit;
- Dienststufen, dieses Dokument deckt die zwei Dienststufen für GST und für UTC ab, die vom Galileo-Zeitgebungsdienst in erster Linie bereitgestellt werden. Das Dokument sieht auch eine dritte Dienststufe vor, die in Zukunft bereitgestellt werden soll, wofür eine Aktualisierung des Dokuments erforderlich sein wird;
- Nutzerdynamik: feste Nutzer, definiert als statische Nutzer mit genauer Kenntnis der Antennenposition, ist der Basismodus;
- Verarbeitung der vom Galileo-System verbreiteten Zeitgebungsdienst-Nachricht;
- lokale Integritätsbarrieren der Zeitgebung: mindestens die Verarbeitung der autonomen Zeitgebungs-Integritätsüberwachung (T-RAIM, en: Time Receiver Autonomous Integrity Monitoring);
- Robustheit gegenüber Störbeeinflussungen;
- Verarbeitung der Galileo Open Service Navigation Message Authentication;
- Robustheit gegenüber Mehrwegausbreitung.

Dieses Dokument deckt nicht die Verarbeitung der GPS-Konstellation ab, was jedoch nicht ausschließt, dass die Hersteller GPS-Verarbeitung in den Galileo Timing Receivern implementieren, auch wenn dies in diesem Dokument nicht behandelt wird. Die Verwendung anderer GNSS-Konstellationen wird durch dieses Dokument nicht untersagt, allerdings werden die Anforderungen und Prüfungen nur für Galileo festgelegt, einschließlich derjenigen, die sich auf die Integrität der Zeitgebungslösung beziehen.

Einzelfrequenz-Modi werden von diesem Dokument nicht abgedeckt. Dies schließt nicht aus, dass die Hersteller Einzelfrequenz-Modi in den Galileo Timing Receivern implementieren, auch wenn diese in diesem Dokument nicht behandelt werden, und zwar als Backup für den nominellen Zweifrequenz-Modus und für Umkehrmechanismen. Es ist wichtig anzumerken, dass die Integrität der Zeitgebungslösung nur für den Galileo-Zweifrequenz-Modus spezifiziert ist.

Die Galileo Timing Receiver sind nur für Nutzer unter statischen Bedingungen bestimmt. Sich bewegende Nutzer werden in diesem Dokument nicht berücksichtigt.

Zusätzlich zu den Funktionsanforderungen werden in diesem Dokument Leistungsanforderungen in Form verschiedener wesentlicher Leistungsindikatoren festgelegt, wie z. B.:

- Anforderungen an Genauigkeit, Verfügbarkeit und Integrität;

— lokale Barrieren, T-RAIM-Leistungen.

Dieses Dokument enthält auch die Verifizierungsmatrix und legt die Prüfreihe zur Verifizierung der grundlegenden Anforderungen an die Galileo Timing Receiver fest.

Darüber hinaus enthält dieses Dokument einen Abschnitt mit Leitlinien für die Installation und Instandhaltung der Galileo Timing Receiver. Es handelt sich um einen ausführlichen Abschnitt, in dem Bestimmungen für die Installation von Antenne, Verkabelung und Receiver sowie für die Kalibrierung der Zeitverzögerungen enthalten sind.

2 Normative Verweisungen

Es gibt keine normativen Verweisungen in diesem Dokument.

3 Begriffe

3.1 Abkürzungen

Die in diesem Dokument verwendeten Abkürzungen, die eine Definition erfordern, sind in der folgenden Tabelle aufgeführt:

Tabelle 1 — Abkürzungen

Abkürzung	Vollständiger Ausdruck
ADC	Analog-Digital-Wandler (en: analog-to-digital converter)
ARAIM	moderne autonome empfängerseitige Integritätsüberwachung (en: advanced receiver autonomous integrity monitoring)
BIPM	Internationales Büro für Maß und Gewicht (fr: Bureau International des Poids et Mesures)
C/N0	Träger-Rausch-Verhältnis (en: carrier to noise ratio)
CEN	Europäisches Komitee für Normung (en: European Committee for Standardization)
CENELEC	Europäisches Komitee für elektrotechnische Normung (en: European Committee for Electrotechnical Standardization)
CGGTTS	gemeinsamer generischer GNSS-Zeitübertragungsstandard (common GNSS generic time transfer standard)
CW	Dauerstrich (en: continuous wave)
DF	Zweifrequenz (en: dual frequency)
DO	synchronisierter Oszillator (en: disciplined oscillator)
DOP	Verringerung der Präzision (en: Dilution Of Precision)
EC	Europäische Kommission (en: European Commission)
ECEF	geozentrisches Koordinatensystem (en: earth-centered, earth-fixed)
EGALITE	Erweiterung und Konsolidierung der EGNOS- und Galileo-Zeitgebungsdienste (en: EGNOS and Galileo Timing Service Extension and Consolidation)
EGNOS	European Geostationary Navigation Overlay Service (Kombination eines Satelliten- und Bodensystems, welches mit GPS arbeitet und präzisere Daten liefert)
EN	Europäische Norm
ESA	Europäische Weltraumorganisation (en: European Space Agency)
ETSI	Europäisches Institut für Telekommunikationsnormen (en: European Telecommunications Standards Institute)

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Abkürzung	Vollständiger Ausdruck
FOC	volle Betriebsfähigkeit (en: full operational capability)
FTA	Fehlerbaumanalyse (en: fault tree analysis)
GGTO	GPS-Galileo Zeitversatz (en: GPS-Galileo Time Offset)
GMS	Galileo-Bodenmissionssegment (en: Galileo Mission Segment)
GNSS	globales Navigationssatellitensystem (en: Global Navigation Satellite System)
GNSST	GNSS-Zeit (en: GNSS Time)
GPS	Globales Positionsbestimmungssystem (en: Global Positioning System)
GPST	GPS-Zeit (en: GPS Time)
GSS	Galileo-Empfangsstationen (en: Galileo Sensor Stations)
GST	Galileo-Systemzeit (en: Galileo System Time)
G1G	Galileo – Erste Generation (en: Galileo First Generation)
G2G	Galileo – Zweite Generation (en: Galileo Second Generation)
HW	Hardware
IBPL	Isotropie-basiertes Protection Level (en: Isotropy Based Protection Levels)
ICD	Schnittstellenüberwachungsdokument (en: interface control document)
IOD	Ausgabe von Daten (en: issue of data)
IODUTC	Ausgabe von Daten der koordinierten Weltzeit
ITRF	internationales terrestrisches Referenzsystem (en: International Terrestrial Reference System)
ITU	Internationale Fernmeldeunion (en: International Telecommunication Union)
JRC	Gemeinsame Forschungsstelle (en: Joint Research Center)
KPI	Schlüssel-Leistungskennzahl (en: Key Performance Indicator)
LNA	rauscharmer Verstärker (en: low noise amplifier)
LOS	Sichtverbindung (en: Line Of Sight)
MJD	modifiziertes Julianisches Datum (en: Modified Julian Day)
MOPS	Mindestbetriebsleistungsstandard (en: Minimum Operational Performance Standard)
MTE	maximal zulässiger Fehler (en: maximum tolerable error)
NLOS	Nicht-Sichtverbindung (en: Nonline Of Sight)
NMA	Authentisierung von Navigationsnachrichten (en: Navigation Message Authentication)
NMEA	Nationale Vereinigung für Marineelektronik (en: National Marine Electronics Association)
NTP	Standard zur Synchronisierung von Uhren in Computersystemen (en: Network Time Protocol)
OCXO	beheizter Quarzoszillator (en: oven-controlled crystal oscillator)
OS	offener Dienst (en: Open Service)
PDOP	Präzisionsminderung der Position (en: Position Dilution Of Precision)
PHM	Passiver Wasserstoff-Maser (en: Passive Hydrogen Masers)
PMR	Betriebsfunk (en: Professional Mobile Radio)

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Abkürzung	Vollständiger Ausdruck
PMU	zeitsynchronisiertes Zeigermessgerät (en: Phasor Measurement Unit)
PPP	präzise Punktortung (en: precise point positioning)
PPS	Puls je Sekunde (en: pulse per second)
PSTN	öffentliches Wählnetz (en: Public Switched Telephone Network)
PVT	Position, Geschwindigkeit und Zeit (en: position velocity and time)
RAIM	autonome empfängerseitige Integritätsüberwachung (en: receiver autonomous integrity monitoring)
HF	Hochfrequenz (RF, en: radio frequency)
RFI	Funkstörung (en: radio frequency interference)
RG	Radio Guide
RINEX	empfängerunabhängiges Austauschformat (en: receiver independent exchange format)
RSS	Wurzelsummenquadrat (en: Root Sum Square)
RTCA	Radio Technical Commission for Aeronautics
Rx	Empfänger (en: receiver)
R&R	Aufzeichnung und Wiedergabe (en: record and replay)
SBAS	satellitengestütztes Erweiterungssystem (en: Satellite based Augmentation system)
SDD	Dienst-Definitionsdocument (en: Service Definition Document)
SDR	softwaredefinierter Funk (en: software defined radio)
SF	Einzelfrequenz (en: Single Frequency)
SHS	Signalzustand (en: Signal Health Status)
SI	Internationales Einheitensystem (Système International d'unités (International System of Units))
SIS	Signal im Raum (en: Signal-In-Space): von den GNSS-Satelliten ausgesendete HF-Signale
SISA	Genauigkeit des Signals im Raum (en: Signal-In-Space-Accuracy)
SL	Dienststufe (en: Service Level)
SNR	Signal-Rausch-Verhältnis (en: signal to noise ratio)
SPS	Symbole je Sekunde (en: symbols per second)
STARLITE	Erarbeitung von Normen für Galileo Timing Receiver
SVID	Identifizierung von Raumfahrzeugen (en: Space Vehicle Identification)
T-ARAIM	Zeitgebungs-ARAIM (en: Timing ARAIM)
T-IBPL	Zeitgebungs-IBPL (en: Timing IBPL)
T-RAIM	Zeitgebungs-RAIM (en: Timing RAIM, Zeitgebung für die autonome empfängerseitige Integritätsüberwachung)
TAI	Internationale Atomzeit (fr: Temps Atomique International)
TBC	zu bestätigen (en: to be confirmed)
TBD	festzulegen (en: to be defined)
TC	Prüfball (en: Test Case)
TDOP	Verringerung der Präzision der Zeitgebung (en: Time Dilution of Precision)

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Abkürzung	Vollständiger Ausdruck
TE	Zeitfehler (en: Time Error)
TESLA	zeitgesteuerte, effiziente und verlusttolerante Authentifizierung von Datenströmen (en: Timed Efficient Stream Loss-tolerant Authentication)
TGD	Zeitgruppenverzögerung (en: Time Group Delay)
TIC	Zeitintervallzähler (en: Time Interval Counter)
TOD	Tageszeit (en: Time Of Day)
TOW	Wochenzeit (en: Time Of Week)
TS	Ausschreibungsbedingungen (en: Tender Specifications)
TSM	Überwachung des Zeitgebungsdienstes (en: Timing Service Monitoring)
TTA	Zeit bis zur Warnung (en: Time To Alert)
TTFF	Zeit für die erste Ortungsbestimmung (en: Time To First Fix)
TTL	Transistor-Transistor-Logik (en: Transistor-Transistor Logic)
TTN	Zeit für die Benachrichtigung (en: Time To Notify)
T&S	Zeit und Synchronisierung (en: Time and Synchronization)
UART	universeller asynchroner Empfänger/Sender (en: Universal Asynchronous Receiver-Transmitter)
UCP	Plattform für Nutzeranhörungen (en: User Consultation Platform)
UI	Benutzungsschnittstelle (en: User Interface)
URE	Fehler im Nutzerbereich (en: User Range Error)
USB	universeller serieller Bus (en: Universal Serial Bus)
USRP	Universal Software Radio Peripheral
UTC	koordinierte Weltzeit
UTC0	UTC-Versatz (en: UTC Offset)
UV	ultraviolett
VLBI	Langbasisinterferometrie (en: Very Long Baseline Interferometry)
WG	Arbeitsgruppe (en: Working Group)
WN	Wochennummer (en: Week Number)
WP	Arbeitspaket (en: Work Package)

3.2 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: verfügbar unter <https://www.electropedia.org/>

3.2.1

Genauigkeit

Grad der Übereinstimmung der Position, Geschwindigkeit und/oder Zeit mit der wahren Position, Geschwindigkeit und/oder Zeit des GNSS-Nutzers¹

3.2.2

Verfügbarkeit

prozentualer Anteil der Zeit, in der die Dienste des Systems für den Nutzer verfügbar sind²

3.2.3

Back-up-Modus

Betriebsmodus der Synchronisationseinheit, die den Galileo Timing Receiver enthält, in dem einige der Funktionen und/oder Eingangsdaten für das Erreichen der vollständigen Leistung nicht verfügbar sind, der Betrieb jedoch unter bestimmten Funktionseinschränkungen fortgesetzt werden kann

3.2.4

C/N0

SNR eines modulierten Signals, das aus dem Verhältnis der Leistung des übertragenen Signals in der Durchlassfrequenz zur Leistung des Rauschens je Bandbreiteneinheit besteht, ausgedrückt in dB/Hz

3.2.5

dynamischer Modus

einheitenlose Spezifikation der Ausbreitung des Positions-/Zeitfehlers als Auswirkung der Satellitenposition und der Pseudoentfernungsgeometrie in Richtung des Empfängers, wobei zu berücksichtigen ist, dass Lösungen, die unter Verwendung von Pseudostrecken naher Satelliten berechnet werden, im Vergleich zu Lösungen, die unter Verwendung weiter entfernter Satelliten berechnet werden, größere Unsicherheiten aufweisen

3.2.6

DOP

Verringerung der Präzision (DOP) ist ein Ausdruck, der verwendet wird, um die Ausbreitung des Positions-/Zeitfehlers als Auswirkung der Satellitenposition und der Pseudostreckengeometrie zum Empfänger zu beschreiben. Lösungen, die mit Pseudostrecken von nahen Satelliten berechnet werden, weisen im Vergleich zu Lösungen, die mit weiter entfernten Satelliten berechnet werden, größere Unsicherheiten auf. DOP ist einheitenlos

3.2.7

Galileo Timing Receiver

elektronisches Gerät, typischerweise ein Chipsatz, der die von einer Antenne empfangenen Galileo-Satellitensignale verarbeitet, um genaue Zeitinformationen in Form von PPS-Signalen und zugehörigen Nachrichten bereitzustellen

1 Im vorliegenden Dokument wird der Schwerpunkt auf die Genauigkeit einer geschätzten Zeit gelegt, sie wird in Nanosekunden gemessen und als ein statistischer Schwellenwert (z. B. 2-sigma) angegeben. Das Konzept der Genauigkeit in diesem Dokument entspricht dem in anderen, allgemeineren Normen, wie z. B. ISO/IEC Guide 99:2007.

2 Die Verfügbarkeit ist ein Indikator für die Fähigkeit des Systems, innerhalb des festgelegten Abdeckungsbereichs nutzbare Dienste bereitzustellen. Die Signalverfügbarkeit ist der Zeitraum in Prozent, in dem die von externen Quellen übertragenen Navigations-/Zeitgebungssignale für die Nutzung verfügbar sind. Sie hängt sowohl von den physikalischen Eigenschaften der Umgebung als auch von den technischen Möglichkeiten der Übertragungseinrichtungen ab. Die Verfügbarkeit wird in der Regel in % der Zeit über einen festgelegten Zeitraum ausgedrückt.

Availability = $\text{Number_Epochs_Timing_Service_Available} / \text{Total_Number_of_Epochs} \times 100$

Für den bestimmten Fall der Verfügbarkeit des Galileo-Zeitgebungsdienstes wird das Verfügbarkeitskonzept für die Verfügbarkeit der Dienststufen 1, 2 und 3 anstelle der Signalverfügbarkeit verwendet.

3.2.8

universell aufgestelltes HF-Prüflaboratorium

Laboratorium, das für die Überprüfung der Leistungsdaten des Galileo Timing Receivers mit Hilfe eines Prüfzenarios zuständig ist

3.2.9

GGTO

GPS-Galileo Zeitversatz daten, die von den Galileo-Satelliten gesendet werden, in der Regel ausgedrückt in Nanosekunden

3.2.10

GNSS

Abkürzung für satellitengestützte Positionierungssysteme, der Standardoberbegriff für Satelliten-Navigationssysteme ist, die eine autonome georäumliche Positionierung mit globaler Abdeckung ermöglichen, einschließlich GPS, GLONASS, Galileo und Beidou

3.2.11

GNSS-spezialisiertes Laboratorium

Laboratorium, das für die Erstellung von Prüfzenarien für universell aufgestellte HF-Prüflaboratorien verantwortlich ist

3.2.12

GST

kontinuierliche Zeitskala, die vom Galileo-Zentralsegment verwaltet und mit der TAI (Internationale Atomzeit) synchronisiert wird, mit einem nominellen Versatz unter 50 ns

3.2.13

Holdover

Zeitspanne, in der zwei Uhren nach einer Anfangssynchronisation unabhängig voneinander laufen

3.2.14

Holdover-Gerät

Gerät innerhalb der Synchronisationseinheit, das den Holdover-Modus ermöglicht

3.2.15

Holdover-Modus

Betriebsmodus der Synchronisationseinheit, die den Galileo Timing Receiver enthält, in dem die Zeit auf der Grundlage einer nicht-Galileo-SIS-Zeitberechnung aus der letzten oder aktuellen Epoche verläuft

3.2.16

Holdover-Degradation

Zeit- und Frequenzdifferenz zwischen zwei Uhren nach der Holdover-Zeitspanne

3.2.17

Holdover-Zeitüberschreitung

maximale Zeit, während der die Synchronisierungseinheit, die den Galileo Timing Receiver enthält, im Holdover-Modus arbeiten darf³

3 Die maximale Holdover-Periode hängt von der Art der lokalen Uhr ab – die lokale Uhr wird durch ihre eigene Genauigkeit beeinflusst und akkumuliert Zeitfehler im Laufe der Zeit – sowie von der Ziel-Dienstüberwachungsebene – eine höhere Dienstüberwachungsebene bedeutet eine höhere Genauigkeit. Die Synchronisationseinheit, die den Galileo Timing Receiver enthält, sollte mit der Zählung der Holdover-Zeit ab dem Zeitpunkt beginnen, an dem die Umschaltung erfolgt.

3.2.18

Integrität

Maß für das Vertrauen, das in die Richtigkeit der von einem Navigations-/Zeitgebungssystem bereitgestellten Informationen gesetzt werden kann, einschließlich der Fähigkeit des Systems, den Nutzern rechtzeitig Warnungen zu übermitteln, wenn das System nicht für die Navigation/Zeitgebung verwendet werden sollte

3.2.19

Störbeeinflussung

HF-Sendequelle, die sich innerhalb des von einer Kommunikationsverbindung genutzten Frequenzbandes befindet und die Leistung dieser Verbindung beeinträchtigt

3.2.20

IOD

Art eines Zeitstempels auf den GNSS-Daten, die der Empfänger aus der Navigationsnachricht erhält

3.2.21

Störsendung

konkurrierendes Signal, das den GNSS-Receiver daran hindert, das wahre Satellitensignal zu entschlüsseln

3.2.22

verpasste Erkennung

Fehler in der Zeitgebungslösung, der von T-RAIM nicht erkannt wird und der es nicht ermöglicht, die vorgesehene Dienststufe einzuhalten

3.2.23

MTE

maximaler Zeitgebungs-Fehler in Bezug auf eine bestimmte Zeitskala (UTC oder GST), der für den Nutzer zu erwarten oder annehmbar ist

3.2.24

Navigationsnachricht

Nachricht, die von den GNSS-Satelliten an die Nutzer übertragen wird und alle erforderlichen Informationen enthält, um dem Nutzer die Durchführung des Positionsbestimmungs- und Zeitgebungsdienstes zu ermöglichen

3.2.25

Leistungsfähigkeit

Ausmaß, mit dem ein System seine Output-Ziele erreichen kann

3.2.26

Pseudostrecke

Messung der Entfernung zwischen einer Satellitenantenne und der Receiver-Antenne durch den GNSS-Receiver, verzerrt durch den Fehler aufgrund der Differenz zwischen der Uhr des Satelliten und der Uhr des Receivers

3.2.27

Aufzeichnung und Wiedergabe

Prüftechniken, die aus der Digitalisierung von GNSS-Signalen und Sensormessungen unter realen Bedingungen bestehen, so dass sie später in geeigneten Laborprüfständen wiederholt werden können

3.2.28

Sicherheit bei Ausfallwahrscheinlichkeit

Wahrscheinlichkeit eines Ausfalls der Zeitgebungslösung während eines bestimmten Zeitintervalls

3.2.29

SNR

Verhältnis zwischen der Signalleistung und der Rauschleistung, in der Regel in dB ausgedrückt

3.2.30

Spoof

Übertragung von Signalen mit dem Ziel der Verarbeitung von PVT-Daten für die Meldung falscher PVT-Zieldaten

3.2.31

statischer Modus

Betriebsmodus, bei dem das Phasenzentrum der an den Galileo Timing Receiver angeschlossenen Rundstrahlantenne(n) feststeht und der Galileo Timing Receiver eine genau vorherbestimmte Position dieser Antenne(n) für die Berechnung der Zeitlösung verwendet

3.2.32

Synchronisationseinheit

System des T&S-Nutzers, das den Galileo Timing Receiver enthält und weitere Komponenten umfassen könnte, wie z. B. eine lokale Uhr für den Holdover-Modus, eine visuelle Schnittstelle zum Nutzer usw.

3.2.33

t_{holdover}

Zeitintervall, das mit dem Zeitpunkt der Aufnahme des Betriebs der Synchronisierungseinheit, die den Galileo Timing Receiver enthält, im Holdover-Modus beginnt und bis zur Gegenwart andauert, in der Regel in Sekunden ausgedrückt

3.2.34

TAI

Zeitreferenzkoordinate, die vom Bureau International de l'Heure auf der Grundlage der Ablesungen der in verschiedenen Einrichtungen betriebenen Atomuhren entsprechend der Definition der Sekunde, der Zeiteinheit des internationalen Einheitensystems (SI), berechnet wird, wobei es sich um eine Koordinatenzeitskala handelt, die in einem geozentrischen Referenzrahmen mit einem Einheiteninkrement von 1 Sekunde definiert ist und auf dem rotierenden Geoid als Skaleneinheit realisiert wird

3.2.35

TDOP

Verringerung der Präzision für die Zeitgebungslösung, einheitenlos

3.2.36

Prüfszenario

Szenario, das aus GNSS-SIS-Daten besteht, die aus Aufzeichnungen zur Bewertung eines Galileo Timing Receivers in den gewünschten Umgebungen stammen

3.2.37

Zeitfehler

eine Definition eines Fehlers bei der Zeitgebung ist in 4.3.3 enthalten

3.2.38

TOD

Sequenz, die die Stunde, die Minute und die Sekunde des aktuellen Tages beschreibt und die auf der steigenden Flanke des Galileo Timing Receivers mit 1PPS inkrementiert wird

3.2.39

TOW

Anzahl von Sekunden, in 20 Bit, die seit dem Übergang von der Vorwoche vergangen sind. Die TOW deckt eine ganze Woche von 0 bis 604 799 Sekunden ab und wird am Ende jeder Woche auf Null zurückgesetzt

3.2.40

TTA

maximal zulässige Zeit, die vom Beginn eines Zustands außerhalb der Toleranz (d. h. Zeitfehler größer als der MTE) bis zur Meldung des Alarms durch das Gerät vergeht, in der Regel ausgedrückt in Sekunden/Minuten

3.2.41

TTN

Benachrichtigungszeit, die erforderlich ist, damit das System einen Satelliten als nicht nutzbar kennzeichnet und den Nutzer warnt, in der Regel ausgedrückt in Sekunden/Minuten⁴

3.2.42

T-RAIM

Benutzer-Algorithmus zur Bestimmung der Integrität der GNSS-Lösung, wobei es sich um die Zeitgebungs-Version der RAIM-Algorithmen für Timing-Receiver handelt

3.2.43

WN

12-Bit-Zähler, der die fortlaufende Wochennummer ab dem Ursprung der Galileo-Zeit angibt und 4 096 Wochen (etwa 78 Jahre) abdeckt, wobei er auf Null zurückgesetzt wird, um einen zusätzlichen Zeitraum Modulo-4 096 abzudecken

3.2.44

URE

Kombination aus Orbit- und Uhrzeitfehlern, troposphärischen Restfehlern, ionosphärischen Restfehlern und lokalem Rauschen/Fehler bei der Mehrwegausbreitung, in der Regel in Metern ausgedrückt

3.2.45

UTC

$\text{TAI-UTC} = n$, dabei ist n eine ganzzahlige Anzahl von Sekunden, die so genannten Schaltsekunden, die zur Berücksichtigung der variablen Geschwindigkeit der Erddrotation eingeführt wurden⁵

3.2.46

UTC0

Versatz zwischen GNSST und UTC, in der Regel ausgedrückt in Nanosekunden⁶

3.2.47

UTC(k)-Laboratorium

Metrologielabor, das eine auf UTC(k) rückführbare Zeitskala führt

3.2.48

Verifizierung

Erbringung eines objektiven Nachweises, dass ein System die spezifizierten Anforderungen erfüllt⁷

4 Galileo-Zeitgebungsdienst

4.1 Einführung in Timing-Receiver und Zeitgebungs-Referenzen

Dieser Abschnitt enthält eine Einführung in Timing-Receiver und Timing-Referenzen, einschließlich der Puls je Sekunde- und Tageszeit-Generierung in Timing-Receiver. Der Schwerpunkt dieser Norm liegt auf dem Galileo-Chipsatz, auch „Galileo Timing Receiver“ genannt. Der Galileo Timing Receiver wird von einer Synchronisationseinheit gehostet, die weitere Komponenten umfassen könnte, wie z. B. eine lokale Uhr für den Holdover-Modus, eine visuelle Schnittstelle zum Nutzer usw.

4 Der Unterschied zwischen TTN und TTA wird in 4.3.7 erläutert.

5 Ab März 2022 beträgt der Wert von n 37 s.

6 Im Falle der in dieser Norm behandelten GNSS-Konstellation Galileo ist der UTC-Versatz für Galileo als der Versatz zwischen GST und UTC festgelegt.

7 Aus ISO GUIDE 99 [68].

Im Rahmen des Galileo-Zeitgebungsdienstes gibt es zwei relevante Zeitreferenzen: die Galileo-Systemzeit (GST) und die koordinierte Weltzeit (UTC). Für letztere sendet Galileo im Signal-in-Space den Versatz zwischen GST und einer UTC-Realisierung, die von einem Anbieter von Zeitgebungsdiensten als Kombination mehrerer europäischer nationaler UTC(k)-Zeitskalen erhalten wird.

Die mathematische Grundlage der GNSS-Zeitgebung ist in Anhang A dieses Dokuments enthalten.

Ein GNSS-Timing-Receiver erzeugt die folgenden Ausgabesignale (siehe Bild 1):

- Einen Ein-Puls-je-Sekunde (1PPS), z. B. ein elektrisches TTL-Signal (Transistor-Transistor-Logik), das an der steigenden Flanke entweder an GST oder an UTC, wie von GST abgeleitet, ausgerichtet ist; der Nutzer kann in der Regel wählen, ob GST oder UTC auf dem 1PPS-Signal liegen soll; das 1PPS-Signal kommt in der Regel aus einem speziellen Anschluss am Receiver.
- Eine Datennachricht oder ein „Label“, das die Tageszeit (TOD) enthält, d. h. JJJJ/MM/TT-HH:MM:SS für UTC oder WN + TOW für GST; Receiver melden normalerweise sowohl die UTC-TOD als auch die GST-TOD; die TOD-Meldung wird unmittelbar nach dem 1PPS generiert, um dem Nutzer die Möglichkeit zu geben, die beiden Ereignisse in Beziehung zu setzen; die TOD wird in der Regel in Form eines NMEA-Satzes über eine serielle Schnittstelle des Receivers berichtet. Die NMEA ZDA-Nachricht [77] kann für diesen Zweck verwendet werden.
- Optional ein Frequenzsignal (z. B. bei 10 MHz), das auf das 1PPS ausgerichtet („synchronisiert“) ist; das Frequenzsignal kommt in der Regel aus einem anderen dedizierten Anschluss des Receivers; da das Frequenzsignal dem 1PPS nur „folgt“ und ohnehin nicht sehr häufig verwendet wird, kann es in dieser Betrachtung ignoriert werden.

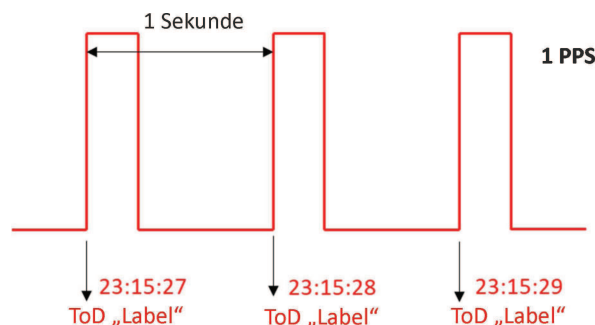


Bild 1 — Darstellung von 1PPS- und TOD-Signalen

Im Zusammenhang mit der in 4.1 beschriebenen Timing Receiver-Ausgabe ist „UTC“ die Vorhersage der vom GNSS übertragenen UTC-Realisierung; der Receiver leitet UTC von GST ab, indem eine Ganzzahl von „Schaltsekunden“ (derzeit 18 s bei Galileo) abgezogen wird, und durch Addition des vorhergesagten kleinen Versatzes zwischen GST und UTC (Modulo- 1 Sekunde), bezeichnet als UTCO; Informationen über Schaltsekunden und UTCO sind in der GNSS-Navigationsnachricht enthalten; Schaltsekunden wirken sich nicht auf den 1PPS aus, jedoch auf den UTC-TOD; UTCO wirkt sich nur auf die Erzeugung von 1PPS aus; in der Regel ist UTCO bei Galileo sehr klein (nur wenige ns), so dass GST und UTC in der Regel innerhalb weniger ns übereinstimmen (Schaltsekunden ausgenommen). Für die Zeitgebungsleistung des Receivers in den folgenden Abschnitten bezieht sich UTC auf die nicht materialisierte UTC, wie sie vom BIPM definiert und aufrechterhalten wird.

Allgemein kann zwischen Synchronisations- und Zeitgebungsnutzern unterschieden werden. Synchronisationsnutzer benötigen nur das 1PPS-Signal (ausgerichtet auf GST, manchmal auf UTC). Sie benötigen kein TOD-Signal oder können es durch andere Mittel wie NTP erhalten. Zeitgebungsnutzer benötigen das 1PPS-Signal, das auf UTC ausgerichtet ist, und verwenden den UTC-TOD für die Zeitstempelung. Im Folgenden wird angenommen, dass „Zeitgebung“ sowohl Synchronisation als auch Zeitstempelung umfasst.

Der erforderliche maximale Fehler (oder „Genauigkeit“) des 1PPS (entweder gegen GST oder gegen UTC) hängt von der Anwendung ab.

Heutzutage liegt die typische geforderte Genauigkeit bei verschiedenen Anwendungen innerhalb kritischer Infrastrukturen in der Größenordnung von 1 Mikrosekunde: PMR und PSTN in der Telekommunikation, PMU im Energiebereich und auch bei Finanzanwendungen. Zukünftige Anwendungen wie Smart Grids (Stromübertragung), Satcom, digitale zellulare Netzwerke oder 5G (Telekommunikation) erfordern eine Genauigkeit von 100 ns oder besser. Einige „Nischenanwendungen“ nutzen die höchste durch GNSS erreichbare Genauigkeit (einige ns), z. B. die astronomische Interferometrie (VLBI). Die höchste Genauigkeit wird auch als Voraussetzung für künftige Anwendungen angesehen. Es wird davon ausgegangen, dass zukünftige Anwendungen Genauigkeitsniveaus erfordern, die in der Größenordnung derjenigen liegen, die in dieser Norm für Dienststufe 3 festgelegt sind. Ausführliche Informationen zu den T&S-Bedürfnissen der Nutzer sind in [15] enthalten.

Die Besonderheit von Timing-Receivern im Zusammenhang mit der Möglichkeit, die Position zu fixieren und nur die Zeitkomponente der PVT zu berechnen, wird in Anhang A erläutert. Andere Aspekte wie die Kalibrierung von Zeitverzögerungen und die Installation werden in Anhang B erläutert.

4.2 Galileo-Zeitgebungsdienst – Genauigkeit und Verfügbarkeit

Der Galileo-Zeitgebungsdienst wird in Bezug auf die Genauigkeit (30 ns UTC im derzeitigen SDD) und die Verfügbarkeits-Metriken mindestens so gut abschneiden wie die derzeitige Zeitbestimmungsfunktion des Galileo-Betriebssystems.

Die von Galileo tatsächlich bereitgestellten Leistungen bezüglich Zeitgebungs-Genauigkeit und Verfügbarkeit sind bereits viel besser, wie in den vierteljährlichen Leistungsberichten von Galileo berichtet wird (siehe [74]).

Der Galileo-Zeitgebungsdienst wird die in der künftigen Fassung des Galileo-Dienst-Definitionsdocuments enthaltenen Verpflichtungen bezüglich Genauigkeit und Verfügbarkeit für GST und UTC für Galileo Timing Receiver, die diese Norm erfüllen, sicherstellen.

Dies wird durch die in dieser Norm festgelegten Grenzwerte für die Beiträge der Timing Receiver zur Genauigkeit (durch Receiver-Rauschen und Kalibrierungsfehler) und Verfügbarkeit (begrenzte Nichtverfügbarkeit aufgrund des Receivers selbst) erreicht.

4.3 Galileo-Zeitgebungsdienst – Integritätsfähigkeit

4.3.1 Allgemeines

Wie vorstehend beschrieben, umfasst das Konzept des Galileo-Zeitgebungsdienstes die Integritätsfähigkeit, die den Nutzern ein Vertrauensniveau bietet.

Zu diesem Zweck sammelt das Galileo-Bodensegment die von der Galileo-Konstellation gesendeten Signale, um die für den Zeitgebungsdienst spezifischen Zeitgebungs-Flags zu berechnen. Die Zeitgebungs-Flags werden zusammen mit den erforderlichen Informationen für die Nutzer des Zeitgebungsdienstes in einem speziellen Wort, der Zeitgebungsdienst-Nachricht (TSM), im Galileo-SIS verbreitet.

Dieser Abschnitt beschreibt die Integritätsfähigkeit der Zeitgebung der Galileo Timing Receiver, die sich auf die folgenden Säulen stützt:

- Verarbeitung der Zeitgebungsdienst-Nachricht;
- lokale Barriere, T-RAIM.

Die Integrität der Zeitgebung kann neben diesen beiden Säulen auch jede andere relevante Quelle und jeden anderen Prozess nutzen.

4.3.2 Definition einer fehlerfreien Zeitgebungslösung

Um eine fehlerfreie Zeitgebungslösung zu definieren, wird davon ausgegangen, dass der Nutzer die folgenden Informationen simultan und kontinuierlich benötigt:

- ein 1PPS, das entweder an GST oder an UTC (wahlweise durch den Nutzer) ausgerichtet ist und weniger als einen vordefinierten maximal zulässigen Fehler (MTE) von der gewählten Referenz (GST oder wahre UTC) abweicht;
- ein korrekter GST-TOD (WN + TOW), der der ganzzahligen Sekunde entspricht, die dem 1PPS am nächsten liegt, und unmittelbar nach dem 1PPS berichtet wird;
- eine korrekte UTC TOD (YYYY/MM/DD-HH:MM:SS), die der ganzzahligen Sekunde entspricht, die dem 1PPS am nächsten liegt, und die unmittelbar nach dem 1PPS berichtet wird, einschließlich korrekter Übergänge über die Anwendung von Schaltsekunden (:59,:60,:00,:01 oder:57,:58,:00,:01).

Unterschiedliche MTE-Werte zur Berücksichtigung der Bedürfnisse in verschiedenen Sektoren können als „Dienststufen“ definiert werden, wie in den Tabellen in 5.3.6 dargestellt:

- Dienststufe 1 (SL1): GST MTE von 1 000 ns und UTC MTE von 1 000 ns
- Dienststufe 2 (SL2): GST MTE von 100 ns und UTC MTE von 100 ns
- Dienststufe 3 (SL3): GST MTE von 15 ns und UTC MTE von 30 ns

ANMERKUNG Während SL1 und SL2 kurzfristig verfügbar sein werden, entsprechend der Erklärung zum Zeitgebungsdienst, wird SL3 in einem zweiten Schritt implementiert werden. Die vorliegende Ausgabe der Norm ist für SL1 und SL2 vorgesehen. Für SL3 wird es eine Überarbeitung geben.

4.3.3 Definition einer fehlerhaften Zeitgebungslösung

Im Gegensatz zur fehlerfreien Zeitgebungslösung kann eine fehlerhafte Zeitgebungslösung wie folgt definiert werden:

Definition einer fehlerhaften Zeitgebungslösung:

Zu einem bestimmten Zeitpunkt (d. h. zu einer bestimmten Sekunde) tritt mindestens eines der folgenden Ereignisse ein, ohne dass innerhalb der TTA eine Warnmeldung erfolgt:

- der 1PPS weicht um mehr als einen vordefinierten maximal zulässigen Fehler (MTE) von der gewählten Referenz (GST oder wahre UTC) ab; oder
- der GST-TOD (WN + TOW), der der ganzzahligen Sekunde entspricht, die dem 1PPS am nächsten liegt, ist im Vergleich zum wahren TOD falsch; oder
- der UTC-TOD (YYYY/MM/DD-HH:MM:SS), der der ganzzahligen Sekunde entspricht, die dem 1PPS am nächsten liegt, ist im Vergleich zum wahren TOD falsch, einschließlich eines falschen Übergangs über eine Anwendung von Schaltsekunden.

Der Galileo-Zeitgebungsdienst und die zugehörigen Integritätsbarrieren, die sich mindestens auf die Verarbeitung von Zeitgebungs-Flags und T-RAIM als lokale Barriere stützen, sind in der Lage, die drei vorstehend genannten Arten von Fehlern zu mindern.

Der Galileo-Zeitgebungsdienst stellt sicher, dass für Galileo Timing Receiver, die dieser Norm entsprechen, die Wahrscheinlichkeit einer fehlerhaften Zeitgebungslösung geringer als 10^{-5} je Stunde ist, und zwar für jede Dienststufe.

4.3.4 High-Level Architektur des Galileo-Zeitgebungsdienstes

Das folgende Bild gibt einen Überblick über die Architektur des Galileo-Zeitgebungsdienstes.

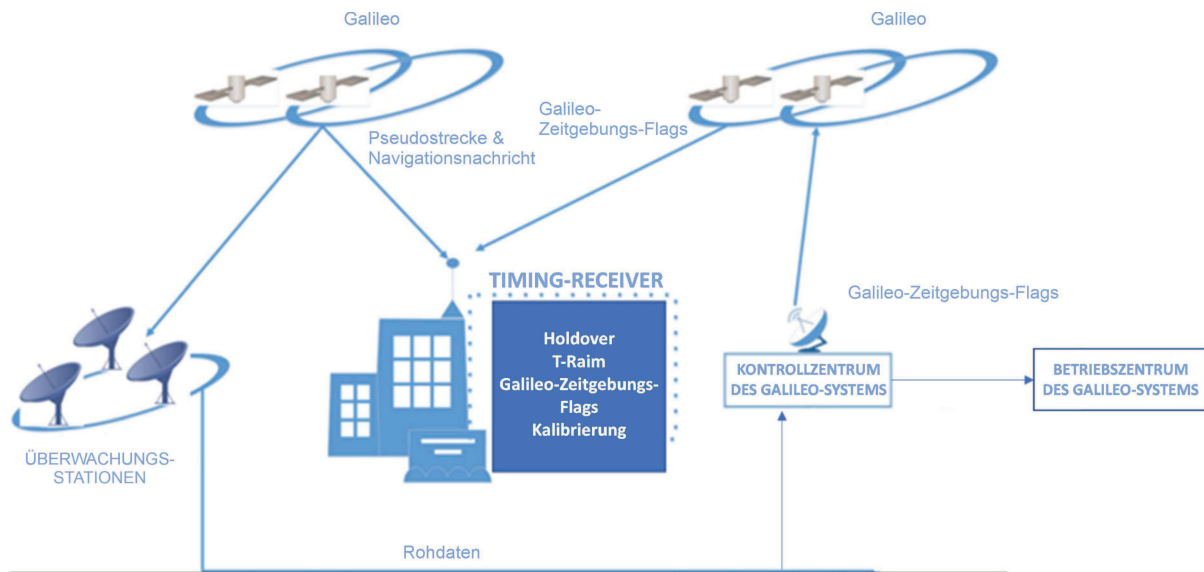


Bild 2 — Architektur des Galileo-Zeitgebungsdienstes [75]

Die nicht erweiterten Standard-GNSS-Signale für den Nutzer sind Pseudostrecken und Navigationsnachrichten, die von den GNSS-Satelliten empfangen werden (oben links in den vorherigen Bildern).

Der Nutzer empfängt die Galileo-TSM (einschließlich Zeitgebungs-Flags) vom Galileo SIS (oben rechts im vorherigen Bild). Jeder Galileo-Satellit verteilt Flags für die gesamte Galileo-Konstellation.

Die Flags werden auf der Grundlage von Informationen aus einem Netzwerk von Überwachungsstationen berechnet, das eine globale Abdeckung bereitstellt. Eine Überwachungsstation für die Zeitgebung umfasst eine Multibandstation mit kalibrierten Zeitverzögerungen. Kalibriert bedeutet, dass die Gesamtverzögerung aller von der Architektur unterstützten Arten von Galileo-Pseudostrecken zuvor gemessen wurde, wobei die Verzögerung den vollständigen Pfad der Pseudostrecke entlang der GNSS-Antenne, des Antennenkabels und des Receivers selbst einschließt. Einige Überwachungsstationen haben Zugang zu UTC-Realisierungen (d. h. UTC(k)-Laboratorien), um mit Redundanz die Zeitgebungslösung von GNSS mit UTC(k) als Wahrheitswert zu vergleichen. Informationen über die Überwachungsstationen sind in der Galileo-Dokumentation enthalten.

Die Rohdaten der Überwachungsstationen (Pseudostrecken und Navigationsnachrichten, in Bild 2 unten und mittig) werden in Echtzeit an ein Verarbeitungszentrum weitergeleitet. Die Rohdaten werden verarbeitet, um Galileo-Zeitgebungs-Flags für den Uplink zu den Satelliten zu erzeugen. Die TSM wird auch dem Galileo Service Centre (GCS) zur Verfügung gestellt. Zusätzliche Informationen könnten in der Galileo-Dokumentation enthalten sein.

Der Receiver des Nutzers verarbeitet die Standard-Galileo-Signale sowie die TSM für die Zeitmessung der Nutzer. Der Zeitalgorithmus des Receivers basiert mindestens auf einer Kombination aus dem Ansatz der lokalen Barriere (T-RAIM) und der Verarbeitung des TSM.

4.3.5 Verarbeitung von Zeitgebungs-Flags

4.3.5.1 Beschreibung der Verarbeitung

Der Galileo-Zeitgebungsdienst wird Zeitgebungsflags für Galileo-Zweifrequenznutzer im Galileo-SIS verbreiten, die von einem Netzwerk von Referenzstationen berechnet werden, von denen einige (aus Redundanzgründen) Zugang zu UTC-Realisierungen haben, um außerdem Ereignisse zu überwachen, die die Zeitgebungslo-

sung für die UTC-Skala beeinflussen könnten. Für die Integritätsüberwachung sind drei Dienststufen definiert, die auf maximal zulässigen Fehlern (MTE) basieren. Diese Dienststufen wurden sorgfältig ausgewählt, um die Bedürfnisse der Nutzer der verschiedenen T&S-Anwendungen abzudecken, und ihre Durchführbarkeit wurde auf der Grundlage dedizierter Projekte einschließlich von Experimenten bewertet [76]. Siehe Tabelle in 5.3.6.

Die Zeitgebungs-Flags informieren die Nutzer – innerhalb einer bestimmten Zeit für die Benachrichtigung (TTN) – immer dann, wenn die oben genannten MTE nicht eingehalten werden. Aufgrund der Komplexität des Sendemechanismus im Galileo-SIS wird erwartet, dass die TTN zu Beginn unter 30 min liegt und im Laufe der Zeit durch zukünftige Weiterentwicklungen des Galileo-Systems verbessert wird. Es ist anzumerken, dass die TTN im Vergleich zur nominellen Aktualisierungsrate der Galileo-Navigationsnachricht eines einzelnen Satelliten verbessert wird, da die Zeitgebungs-Flags aller Satelliten in der Navigationsnachricht aller Satelliten verbreitet werden.

Parallel dazu wird der Timing-Receiver lokale Barrieren implementieren. T-RAIM-Algorithmen sind in der Lage, eine fehlerhafte Lösung in sehr kurzer Zeit zu erkennen. Darüber hinaus können sie auf lokale Effekte reagieren, die über diejenigen hinausgehen, die auf Systemebene abgedeckt werden.

In jeder Epoche muss der Ausschlussprozess basierend auf der Verarbeitung von Zeitgebungs-Flags vor der Anwendung des T-RAIM-Algorithmus und auch vor der Berechnung der Zeitgebungslösung durchgeführt werden. Temporär arbeiten beide Barrieren, Zeitgebungs-Flags und T-RAIM, parallel.

4.3.5.2 Definition der Zeitgebungs-Flags

Eine Beschreibung der Nachricht der Überwachung des Zeitgebungsdienstes ist in Anhang D als Referenz im Hinblick auf die Dokumentation auf Programmebene enthalten. Die aktuelle Definition der TSM wird vom Galileo-Programm veröffentlicht.

4.3.6 Allgemeine Entscheidungslogik des Galileo Timing Receivers

4.3.6.1 Allgemeines

Die Verarbeitung auf Receiver-Ebene der als Teil der TSM ausgestrahlten Zeitgebungs-Flags muss die folgenden wesentlichen Grundsätze berücksichtigen, wie in Bild 3 dargestellt:

- der Galileo Timing Receiver muss die TSM kontinuierlich dekodieren und immer die aktuellste TSM anwenden;
- sobald der Receiver feststellt, dass die Zeitlösung nicht korrekt ist und einen oder mehrere MTE der Überwachungsebenen überschreitet, informiert er den Nutzer. Die Synchronisationseinheit, die den Galileo Timing Receiver enthält, kann dann auf die Zeitlösung umschalten, die lokal von einem Holdover-Gerät bereitgestellt wird (vorausgesetzt, die Ausgabe entspricht der Leistung der Dienststufe), oder weiterhin die GNSS-Lösung zur Aufrechterhaltung der Warnung an den Nutzer bereitstellen oder einfach stoppen;
- die Erkennung kann entweder über die lokalen Barrieren (z. B. T-RAIM) oder über die Zeitgebungs-Flags erfolgen. Jeder andere relevante Prozess darf zu diesen Barrieren hinzugefügt werden;
- Holdover-Fähigkeiten dürfen die Bereitstellung verschiedener Dienststufen ermöglichen. Die Holdover-Lösung muss dem Nutzer mitgeteilt werden, wenn sie die Anforderungen der Dienststufe nicht mehr erfüllen kann;
- die Holdover-Zeit muss mit einer Integritätsprüfung der lokalen Uhr überwacht werden. Wird der Schwellenwert für die Fehlerwahrscheinlichkeit überschritten, muss der Holdover-Zeitraum gestoppt werden oder der Nutzer muss eine Warnmeldung erhalten;
- wenn sich die Synchronisationseinheit, die den Galileo Timing Receiver enthält, im Holdover-Modus befindet, kann sie nicht zur Galileo-Lösung zurückschalten, es sei denn, die folgenden Bedingungen sind erfüllt:

- die lokale Prüfung zeigt, dass der Zeitfehler erneut unter dem MTE liegt;
- die Zeitgebungs-Flags im TSM (die Flag für einen bestimmten Satelliten, die über die TSM aller Satelliten empfangen wird) für das entsprechende SL stehen nach einem Zeitraum von mindestens $2 \times \text{TTN}$ seit der ersten Erkennung durch die lokale Barriere wieder auf „Use“ (in allen TSMs). Diese spätere Prüfung ist erforderlich, um sicherzustellen, dass die Situation wieder dieselbe ist wie vor der Erkennung des Fehlers (und damit alle Verpflichtungen wieder erfüllt sind);
- wenn der Übergang in den Holdover-Modus auf die Einstellung „Don't Use“ eines oder mehrerer Zeitgebungs-Flags in der TSM zurückzuführen ist, da entsprechend der Anforderung REQ_PERFO_Quarantine_01 eine Quarantänezeit gleich TTN erforderlich ist, bedeutet dies, dass die Mindestzeit, in der die Synchronisationseinheit, die den Galileo Timing Receiver enthält, im Holdover-Modus bleiben kann, das Zweifache der Galileo-TTN betragen muss: $2 \times \text{TTN}$. Die Mindestzeit, die die Synchronisationseinheit, die den Galileo Timing Receiver enthält, im Holdover-Modus bleiben kann, mit TTN gleichzusetzen, wäre zu strikt. Der Grund dafür ist, dass zusätzliche Zeit für die Erkennungsfunktion innerhalb des Galileo-Systems sowie eine Mindestmarge zur Bewältigung möglicher Sendestörungen berücksichtigt werden muss;
- andererseits kann die Gesamtzeit, die die Synchronisationseinheit, die den Galileo Timing Receiver enthält, möglicherweise im Holdover-Modus verbleiben muss, so hoch sein wie die Dauer der Störung plus 100 min^8 , wobei die Dauer der Störung entweder die tatsächliche Dauer oder die Zeit bis zur Behebung der Störung durch das System sein kann (je nachdem, was zuerst eintritt);
- die Synchronisationseinheit, die den Galileo Timing Receiver enthält, kann im Holdover-Modus bis zu einem bestimmten Zeitlimit fortfahren. Die Zeitüberschreitung hängt von der angestrebten Dienststufe und der Genauigkeit des lokalen Oszillators ab. Außerhalb des gültigen Zeitlimits sind die Zeitlösungen für die Dienststufen nicht garantiert. Entsprechend den obigen Definitionen ist dies der Fall, wenn die Holdover-Lösung nicht mehr garantieren kann, dass der Fehler mit einer ähnlichen Wahrscheinlichkeit wie bei der GNSS-Lösung unter MTE liegt, was 10^{-5} Ausfällen je Stunde entspricht, wie in 5.4.4.1 beschrieben;
- die Holdover-Zeit könnte als Teil der Konfiguration jedes Receivers eingestellt werden, abhängig von der angestrebten Dienststufe und von der Qualität des Holdover-Geräts.

Das folgende Bild bietet einen Überblick über einen Teil der Verarbeitungslogik.

8 Maximale Zeit für die Aktualisierung der TSM für alle Satelliten in der Konstellation.

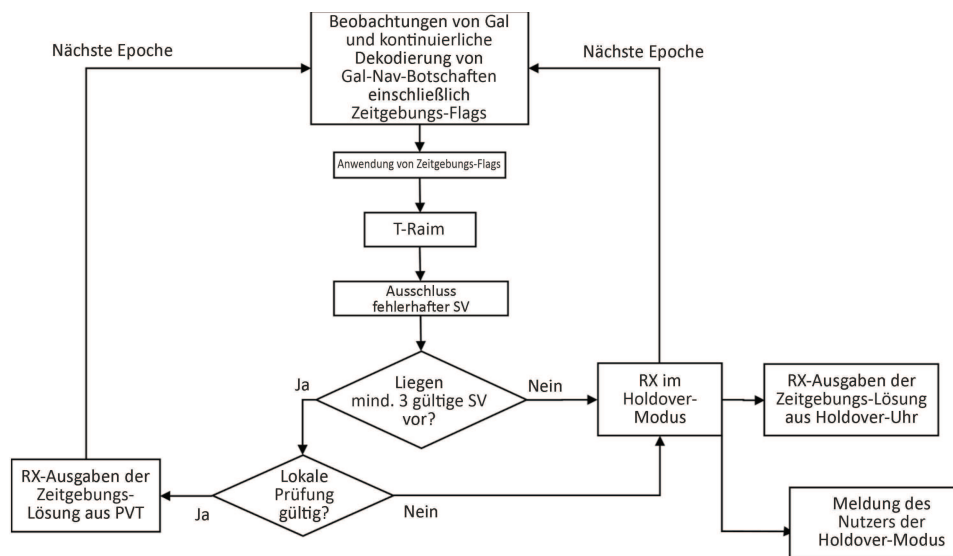


Bild 3 — Galileo Timing Receiver, Teil der Verarbeitung der Entscheidungslogik in Bezug auf die Verarbeitung von T-RAIM und Zeitgebungs-Flags

Es ist anzumerken, dass im vorstehenden Bild 3 gültige Satelliten angefordert werden, da dies eine Mindestanzahl von Satelliten für die Anwendung von T-RAIM-Algorithmen durch die Durchführung von Konsistenzprüfungen ist.

Es ist anzumerken, dass die Anwendung der Zeitgebungs-Flags im vorstehenden Bild ausführlich erklärt und in zusätzlichen Bildern in 4.3.6.3 dargestellt wird.

4.3.6.2 Bedingungen für die Verwendung bestimmter Satelliten beim Einschalten

Beim Einschalten des Receivers sind die Bedingungen für die Verwendung eines bestimmten Satelliten in der Zeitgebungs-Lösung wie folgt:

- alle empfangenen TSM zeigen an, dass der Satellit verwendet werden kann;
- die lokalen Barrieren (mindestens T-RAIM) verwerfen den Satelliten nicht.

Es besteht keine Notwendigkeit, TTN abzuwarten, um mit der Nutzung von Satelliten zu beginnen, da die kombinierte Wahrscheinlichkeit, dass vor dem Start ein Fehler auftritt, keine Satelliten in Sichtweite sind, die vor TTN mit dem neuesten Wert des Zeitgebungs-Flags aktualisiert wurden, und die Wahrscheinlichkeit einer verpassten Erkennung durch lokale Barrieren, äußerst gering ist, d. h. weit unter dem Integritätsschwellenwert liegt.

4.3.6.3 Verarbeitung von Galileo-SIS-OS-Statusflags und Verarbeitungslogik für Galileo Timing Receiver

Die Definition von Signalzustand (SHS), Datenvaliditätsstatus (DVS) und Genauigkeit des Signals im Raum (SISA) ist im Galileo OS-Dienst-Definitionsdocument [2] enthalten, ebenso wie die Zuordnung zwischen diesen Flags und dem OS-SIS-Status.

Der Galileo Timing Receiver muss diese Flags je nach vorgesehener Dienststufe berücksichtigen. Die Anforderungen im Zusammenhang mit der genauen Verarbeitung sind in 5.3.6 definiert. Zusammengefasst ergibt sich die folgende Logik:

- SHS muss für alle Dienststufen verarbeitet und angewendet werden;

- DVS darf von SL1-Nutzern nicht verarbeitet und angewendet werden. DVS muss von SL2-Nutzern (und zukünftig SL3-Nutzern) verarbeitet und angewendet werden;
- SISA darf weder von SL1 noch von SL2 verarbeitet werden. TBC für SL3-Nutzer.

Bild 4 und Bild 5 zeigen die kombinierte Verarbeitungslogik von Galileo-OS-SIS-Statusflags und Galileo-TSM-GST und UTC Statusflags für jeden SL.

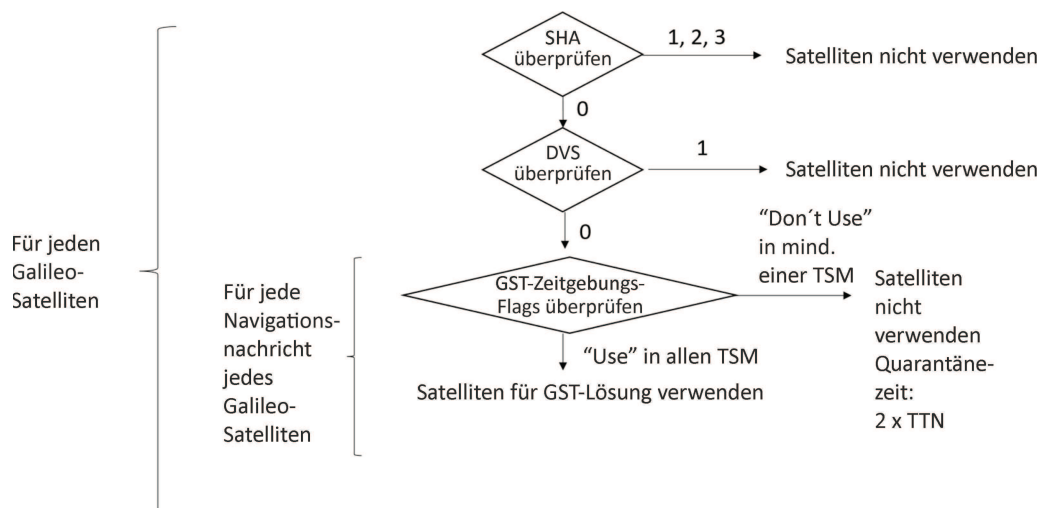


Bild 4 — Verarbeitungslogik von Galileo-OS-SIS-Statusflags und Galileo-TSM-GST-Statusflag für SL2- und SL3-Nutzer

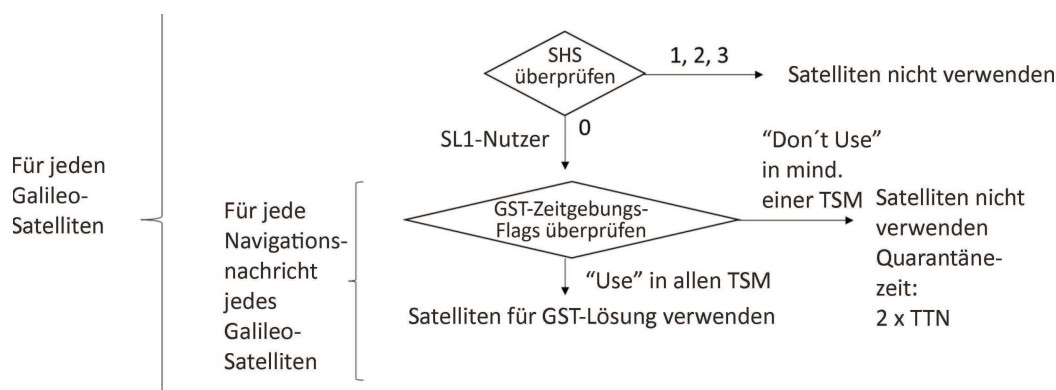


Bild 5 — Verarbeitungslogik von Galileo-OS-SIS-Statusflags und Galileo-TSM-GST-Statusflags für SL1-Nutzer

Bild 6 und Bild 7 zeigen die kombinierte Verarbeitungslogik von Galileo-OS-SIS-Statusflags und Galileo-TSM-UTC-Statusflags. Es ist anzumerken, dass entsprechend der UTC-Flag-Definition das Flag über das Delta GST-UTC informiert, so dass beide Flags für die UTC-Zeitgebungs-Lösung zu berücksichtigen sind.

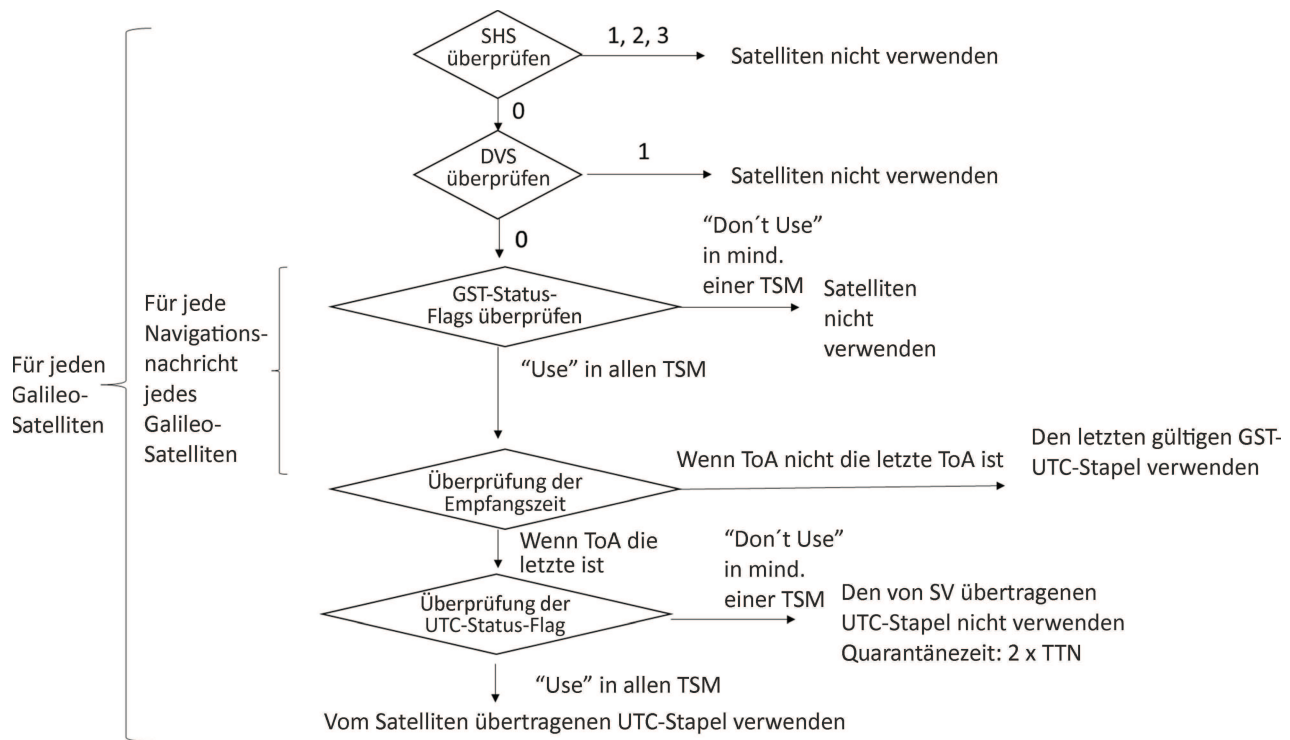


Bild 6 — Verarbeitungslogik von Galileo-OS-SIS-Statusflags und Galileo-TSM-UTC-Statusflag für SL2- und SL3-Nutzer

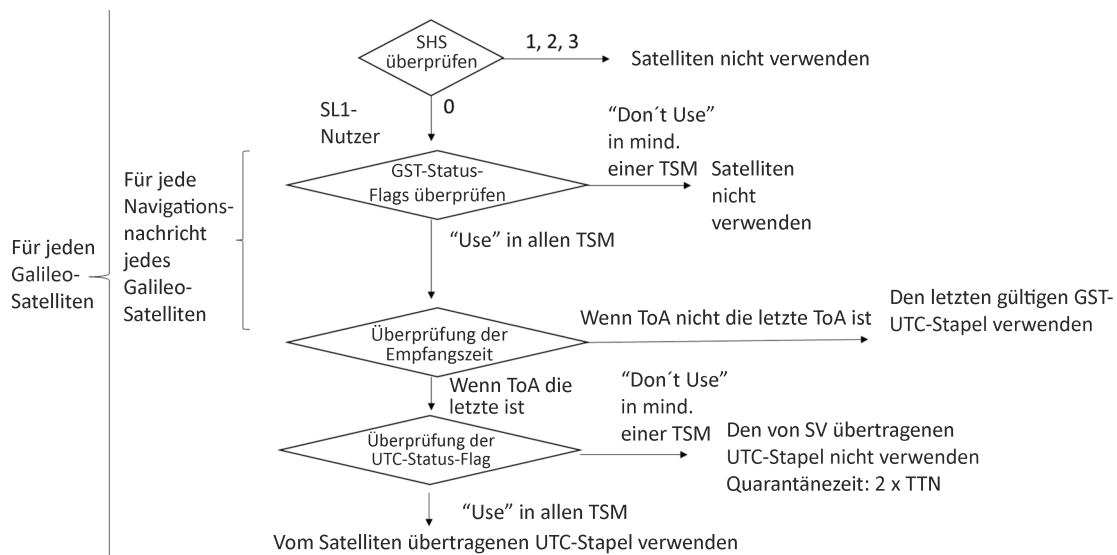


Bild 7 — Verarbeitungslogik von Galileo-OS-SIS-Statusflags und Galileo-TSM-UTC-Statusflags für SL1-Nutzer

Eine zukünftige Version des Galileo-OS-Dienst-Definitionsdocuments [2] wird den Galileo-Zeitgebungsdienst mit einbeziehen, die kombinierte Verwendung der Galileo-Zeitgebungsdienst-Flags und der Galileo-SIS-OS-Statusflags angeben und das Master-Dokument sein, das die Verarbeitung detailliert beschreibt.

4.3.7 Zeit bis zur Warnung und Zeit für die Benachrichtigung

Die Zeit bis zur Warnung für den Galileo-Zeitgebungsdienst ist definiert als die Verzögerung, mit der der Galileo Timing Receiver eine Warnung auslöst, wenn der MTE der entsprechenden Dienststufe nicht erfüllt ist. Da die Integritätsverarbeitung aus zwei parallel arbeitenden Barrieren besteht: lokal (T-RAIM) und systembedingt (Zeitgebungs-Flags), wird die Zeit bis zur Warnung durch die Barriere definiert, die zuerst ausgelöst wird. Lokale Barrieren wie z. B. T-RAIM können in kürzerer Zeit ausgelöst werden (in der Größenordnung von Sekunden).

Die TTN (Zeit für die Benachrichtigung) ist definiert als die Verzögerung, in der der Galileo Timing Receiver eine Warnung in der TSM der Galileo-Navigationsnachricht eines beliebigen Satelliten erhält, wenn die MTEs vom Galileo-System nicht erfüllt werden. Dabei muss die Zeit für die Verbreitung über das SIS berücksichtigt werden. Der Galileo-Zeitgebungsdienst meldet einen Fehler im übermittelten SIS über das TSM, anfänglich in weniger als 30 min für SL1 und SL2. Diese TTN wird schrittweise mit der Zeit reduziert.

4.3.8 Verarbeitung von T-RAIM

T-RAIM ermöglicht es, von GNSS-Receiver im Position-Lock-Modus die Verteilung der Zeitwiederherstellung von allen sichtbaren einzelnen Satelliten zu berechnen und die Ausreißer zu verwerfen. Wie in [46] dargelegt, ist die Auswahl des Maskierungswinkels eine Abwägung zwischen reduzierter Satellitenverfügbarkeit und erhöhtem Integritätsniveau der Zeitschätzung. In dieser Norm ist ein Maskierungswinkel von 5° die Basis, da die Bedingungen für einen klaren Himmel gelten.

Für haftungs- und sicherheitsrelevante Zeitgebungsanwendungen und insbesondere für T&S für kritische Infrastrukturen ist die Integrität des Zeitgebungsdienstes erforderlich, um die Vertrauenswürdigkeit des Dienstes sicherzustellen. T-RAIM-Algorithmen wurden in Zeitgebungsanwendungen eingesetzt, um die Zeitgebungslösung durch Erkennung und Ausschluss fehlerhafter Satelliten zu verbessern. T-RAIM ist eine Maßnahme der Robustheit, um die vom System gesendeten Zeitgebungs-Flags zu ergänzen, und kann lokale Effekte handhaben. T-RAIM ist eine Bezeichnung, die allgemein für RAIM-ähnliche Algorithmen für die Zeitgebung verwendet wird. Im Zusammenhang mit den genannten Algorithmen bedeutet „Zeitgebungs-Version“ konzeptionell denselben Algorithmus, jedoch mit der Anpassung, die sich aus dem Aspekt ergibt, dass die Uhrenkomponente und nicht irgendeine räumliche Komponente für statische Nutzer geschützt werden soll. Daher bleibt jeder algorithmische Schritt, der im Messbereich operiert (z. B. der Chi-Quadrat-Test für die Residuen), derselbe, und diese Schritte, die im Position-Zeit-Bereich operieren (z. B. die Berechnung des Protection Level), werden so modifiziert, dass sie die Uhrenkomponente(n) statt der horizontalen oder vertikalen Komponente(n) betreffen. T-RAIM-Algorithmen basieren auf Redundanz in der GNSS-Zeitlösung [10] und der Überwachung von Residuen aus Nur-Zeit-Lösungen. Die Verwendung von T-RAIM hat gezeigt, dass die Stabilität des Synchronisationssignals bei Satellitenanomalien auch unter extremen Bedingungen aufrechterhalten werden kann [11]. Die T-RAIM-Algorithmen basieren auf der Erkennung und dem möglichen Ausschluss fehlerhafter Messungen (d. h. derjenigen, deren Wert einen Alarmschwellenwert überschreitet) aus der Lösung. Fehlerhafte Messungen müssen der Ausgabe des Galileo Timing Receiver gemeldet werden.

IBPL [14] ist eine weitere interessante, RAIM-ähnliche Technik. Wie bei den zuvor genannten Techniken ist die Anpassung von IBPL an die Zeitgebung unkompliziert und könnte als TIBPL bezeichnet werden.

Mit der vorliegenden Norm wird keine spezifische Einschränkung für die Auslegung von T-RAIM angestrebt.

Andererseits muss der Galileo Timing Receiver die in der Norm definierten Robustheitsprüfungen bestehen. Dies folgt einem leistungsorientierten Ansatz für die Norm und nicht einem präskriptiven Ansatz für den zu implementierenden Algorithmus.

5 Anforderungen an Galileo Timing Receiver

5.1 Definitionen

Die relevanten Definitionen für die in Abschnitt 5 aufgeführten Anforderungen sind in 3.2 enthalten.

5.2 Mindestmerkmale für die Ausrüstung

Tabelle 2 enthält:

- eine Zusammenfassung der End-to-End-Soll-Leistung für den Galileo-Zeitgebungsdienst, von denen die Timing-Receiver, die die Anforderungen dieser Norm erfüllen, profitieren werden (für Genauigkeit und Integrität); und
- eine Matrix mit den Mindestmerkmalen der Ausrüstung zur Erfüllung der einzelnen Dienststufen.

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

Anforderung	Dienststufe 1	Dienststufe 2	Dienststufe 3
Maximal zulässiger Fehler gegenüber „wahrer“ GST (ns) einschließlich der Beiträge des Receivers	1 000	100	15
Nominelle GST-Genauigkeit (95 %, ns), einschließlich der Beiträge der Receiver ⁹	5	5	5
Maximal zulässiger Fehler gegenüber „wahrer“ UTC (ns) einschließlich der Beiträge des Receivers	1 000	100	30
Nominale UTC-Genauigkeit (95 %, ns), einschließlich der Beiträge der Receiver ¹⁰	10	10	10

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

Anforderung	Dienststufe 1	Dienststufe 2	Dienststufe 3
Galileo-Verfolgung	VORGESCHRIEBEN	VORGESCHRIEBEN	VORGESCHRIEBEN
Kompensation der Gesamtverzögerung der Kette	VORGESCHRIEBEN	VORGESCHRIEBEN	VORGESCHRIEBEN
Erzeugung von Rohdaten für die Beobachtung	VORGESCHRIEBEN ¹¹	VORGESCHRIEBEN ⁴	VORGESCHRIEBEN
Mehrfrequenz	VORGESCHRIEBEN ¹²	VORGESCHRIEBEN ⁵	VORGESCHRIEBEN
T-RAIM ¹³	VORGESCHRIEBEN	VORGESCHRIEBEN	VORGESCHRIEBEN
Verarbeitung von ausgestrahlten Galileo-GST/UTC-Zeitgebungsflags	VORGESCHRIEBEN	VORGESCHRIEBEN	VORGESCHRIEBEN
Erforderliche Kalibrierstufe (von Zeitverzögerungen) (siehe B.3)	1 (VORGESCHRIEBEN)	2 (VORGESCHRIEBEN)	3 (VORGESCHRIEBEN)

⁹ Mit G2G zu erreichendes Ziel. Timing-Receiver, die die Anforderungen dieser Norm nicht erfüllen, würden nicht von diesem Niveau der End-to-End-Leistung profitieren.

¹⁰ Mit G2G zu erreichendes Ziel. Timing-Receiver, die die Anforderungen dieser Norm nicht erfüllen, würden nicht von diesem Niveau der End-to-End-Leistung profitieren.

Tabelle 3 (fortgesetzt)

Anforderung	Dienststufe 1	Dienststufe 2	Dienststufe 3
Minimale Antennenposition	Klarer Himmel, feste bekannte Position (auf 5 cm Höhe) ¹⁴	Klarer Himmel, feste bekannte Position (auf 5 cm Höhe) ⁷	Klarer Himmel, feste genau bekannte Position (auf 5 cm Höhe)
Berichterstattung über die GST/UTC-Schätzgenauigkeit	VORGESCHRIEBEN	VORGESCHRIEBEN	VORGESCHRIEBEN
Galileo OS-NMA-Verarbeitung zur Sicherstellung der Authentifizierung	VORGESCHRIEBEN	VORGESCHRIEBEN	VORGESCHRIEBEN

Die vorstehenden Tabellen stellen die End-to-End-Soll-Leistungen dar, die der Galileo-Zeitgebungsdienst mit Timing Receivern, die die Anforderungen dieser Norm erfüllen, erreichen kann. Die vorstehenden Tabellen sind keine Zusammenfassung der für die Galileo Timing Receiver geltenden Anforderungen. Die Anforderungen, die nach dieser Norm ausdrücklich für Galileo Timing Receiver gelten, sind in 5.3 und 5.4 definiert.

In der vorstehenden Tabelle bedeutet feste Position statische Nutzer (unbeweglich), für die die Position der Antenne bekannt ist.

Es ist anzumerken, dass die Erzeugung von Rohdaten für die Dienststufe 3 vorgeschrieben ist, da sie für die genaue Berechnung der Antennenposition erforderlich ist. Die Erzeugung von Rohdaten in einem allgemein bekannten Format würde die Konfiguration der Geräte für die Nutzer sehr erleichtern. Die Verwendung eines Online-PPP-Dienstes für eine solche Berechnung wird empfohlen, allerdings sind auch andere alternative Technologien geeignet, z. B. Post-Processing-RTK.

ANMERKUNG Die vorliegende Ausgabe der Norm ist für SL1 und SL2 vorgesehen. Für SL3 wird es eine Überarbeitung geben. Allerdings beinhaltet die vorliegende Ausgabe bereits Anforderungen zur Unterstützung von SL3.

In den folgenden Abschnitten werden die Funktions- und Leistungsanforderungen im Detail definiert.

5.3 Funktionsanforderungen

5.3.1 Verarbeitete Konstellationen

REQ_FUNCT_CONST_01: Der Galileo Timing Receiver muss mit der Galileo-Konstellation SIS starten und diese entsprechend der Galileo OS SIS ICD [1] verarbeiten.

-
- 11 Nur für die Bewertung der Ergebnisse des TC-13-Prüfungen erforderlich. Zur Bereitstellung von Rohdaten für die Beobachtung wird die Erstellung einer RINEX-Datei empfohlen.
 - 12 Mehrfrequenz für SL1 und SL2 könnte nicht zwingend erforderlich sein, da der maximal zulässige Fehler von Galileo Timing Receivern mit Einzelfrequenz-Technik leicht erreicht wird. Da die vom Galileo-Zeitgebungsdienst verbreiteten Zeitflags jedoch für Zweifrequenz-Nutzer definiert sind, wird der Galileo-Zeitgebungsdienst mit Integritätsfähigkeit nur Zweifrequenz-Nutzern angeboten, und die Galileo-Zeitgebungsempfänger-Norm konzentriert sich dann nur auf Zweifrequenz-Nutzer.
 - 13 Zusätzliche lokale Barrieren zusätzlich zu T-RAIM sind ebenfalls zulässig.
 - 14 Die feste bekannte Antennenposition ist die Basislinie, obwohl sie für SL1 und SL2 nicht zwingend erforderlich ist, um den MTE (Integrität) sicherzustellen. Der nominelle Fehler muss immer noch unter einigen cm liegen, um die Genauigkeitsleistung sicherzustellen. Im Gegensatz dazu ist für SL3 MTE eine präzise bekannte Antennenposition im Subdezimeterbereich unbedingt erforderlich.

ANMERKUNG 1 Die aktuelle Ausgabe des Galileo OS SIS ICD ist in [1] enthalten. Zum Zeitpunkt dieser Erarbeitung enthält sie nicht die TSM für den Galileo Timing Service. In Zukunft wird eine Ausgabe der Galileo SIS ICD oder ein gleichwertiges Dokument mit der TSM herausgegeben werden.

ANMERKUNG 2 Die Leistungsverpflichtungen für den Galileo-Zeitgebungsdienst werden in einer zukünftigen Version des Galileo SDD enthalten sein (aktuelle Version: [2]).

ANMERKUNG 3 Diese Norm deckt nicht die Verarbeitung der GPS-Konstellation ab, was jedoch nicht ausschließt, dass die Hersteller GPS-Verarbeitung in den Galileo Timing Receivern implementieren, auch wenn dies in dieser Norm nicht behandelt wird. Die Verwendung anderer GNSS-Konstellationen wird durch diese Norm nicht untersagt, allerdings werden die Anforderungen und Prüfungen nur für Galileo festgelegt.

5.3.2 Verarbeitete Frequenzen

REQ_FUNCT_FREQ_01: Der Galileo Timing Receiver muss in der Lage sein, Zweifrequenz-Galileo-Signale zu verfolgen, mindestens jedoch E1+E5a oder E1+E5b.

REQ_FUNCT_FREQ_02: Der Galileo Timing Receiver muss mindestens ionofreie Zweifrequenz-Pseudostrecken verarbeiten können.

ANMERKUNG Einzelfrequenz-Modi werden von dieser Norm nicht abgedeckt. Dies schließt nicht aus, dass die Hersteller Einzelfrequenz-Modi in den Galileo Timing Receivern implementieren, auch wenn diese in dieser Norm nicht behandelt werden, und zwar als Backup für den nominellen Zweifrequenz-Modus und für Umkehrmechanismen. Es ist wichtig anzumerken, dass die Integrität der Zeitgebungslösung nur für den Zweifrequenz-Modus garantiert ist.

5.3.3 Back-up-Modi

Der Holdover-Modus ist bei einem Ausfall der GNSS-Zeitgebungslösung ein zulässiger Backup-Modus für die Synchronisierungseinheit, die den Galileo Timing Receiver enthält, sofern die in 5.4 definierten Leistungsanforderungen weiterhin erfüllt sind. Die Erfüllung der Leistungsanforderungen im Holdover-Modus wäre eine Anforderung an die Synchronisationseinheit, die den Galileo Timing Receiver enthält, nicht aber an den Chipset des Galileo Timing Receivers selbst, der Gegenstand dieser Norm ist.

ANMERKUNG In diesem Zusammenhang tritt ein Fehler in der GNSS-Zeitmesslösung auf, wenn die Leistungsanforderungen in 5.4 durch den Modus „nur Galileo“ nicht erfüllt werden oder wenn die Zeitflags für weniger als eine Mindestanzahl von Galileo-Satelliten auf „Don't Use“ gesetzt sind.

5.3.4 Dynamik des Nutzers

REQ_FUNCT_DYN_01: Der Galileo Timing Receiver muss unter statischen Bedingungen betrieben werden.

REQ_FUNC_DYN_02: Der Galileo Timing Receiver muss für den Modus „feste“ oder „freie“ Antennenposition konfiguriert werden können; im „freien“ Modus muss die Antennenposition zusammen mit dem lokalen Uhren-Versatz geschätzt werden; im „festen“ Modus muss ein Satz von Eingangsantennenkoordinaten vom Receiver verwendet werden und es muss nur der lokale Uhren-Versatz geschätzt werden. Der feste Modus ist der von dieser Norm abgedeckte Basismodus, für den die Leistungsanforderungen definiert sind. Die in dieser Norm festgelegten Anforderungen gelten nicht für den „freien“ Modus.

ANMERKUNG 1 Beispiele für die genaue Berechnung des Antennenstandortes sind in den Richtlinien für Installation und Instandhaltung in Anhang B enthalten. Die genaue Berechnung des Antennenstandortes liegt in der Verantwortung des Nutzers. Zum Beispiel können PPP-Techniken für die genaue Berechnung der Antennenposition insbesondere für die Dienststufe 3 verwendet werden. Die Anforderungen und Prüfungen in dieser Norm berücksichtigen den „bekannten“ Modus.

REQ_FUNC_DYN_03: Im Modus „feste“ Position muss der Galileo Timing Receiver die vom Nutzer geschätzten und konfigurierten 3D-Koordinaten mit einer Auflösung von mindestens 1 cm bei der Umrechnung in kartesische ITRF-Koordinaten verwenden und abspeichern können.

REQ_FUNC_DYN_04: Im Modus „feste“ Position muss der Receiver in der Lage sein, die Zeitgebungslösung zu erhalten, wenn mindestens drei Galileo-Satelliten in Sichtweite verfügbar sind.

In der in REQ_FUNC_DYN_04 definierten Situation sind die Integritätsanforderungen dieser Norm für SL3 nicht anwendbar, da für sie mehr als drei Satelliten in Sichtweite (Mindestanzahl TBD) erforderlich sein können.

ANMERKUNG 2 Der Galileo Timing Receiver kann auch eine Ausgabe mit einer Warnung bei weniger als 3 Satelliten in Sichtweite bereitstellen.

5.3.5 Zeitskalen

REQ_FUNCT_TIMESCALE_01: Der Galileo Timing Receiver muss in der Lage sein, die auf GST oder UTC ausgerichtete Zeitlösung zu erhalten, wie vom Nutzer konfiguriert, und ein entsprechendes 1PPS-Ausgabesignal zu erzeugen.

5.3.6 Verarbeitung von Zeitgebungs-Flags und Integritätsanforderungen

Die vom Galileo-Zeitgebungsdienst erwartete Verarbeitung der Entscheidungslogik des Galileo Timing Receivers ist in 4.3.6 ausführlich beschrieben. Dieser Abschnitt enthält die für den Galileo Timing Receiver geltenden Anforderungen, die implementiert werden müssen und aus einer solchen Verarbeitung der Entscheidungslogik abgeleitet werden.

REQ_FUNCT_TIMINGFLAGS_01: Der Galileo Timing Empfänger muss entweder konfigurierbar sein oder so entwickelt sein, dass eine Zeitgebungslösung entsprechend einem der folgenden Service Levels in Tabelle 4 bereitgestellt wird.

Tabelle 4 — Dienststufen

Dienststufe	Maximal zulässiger Fehler für GST (ns)	Maximal zulässiger Fehler für UTC (ns)
1	1 000	1 000
2	100	100
3	15	30

Sofern nicht konfigurierbar, muss der Galileo Timing Receiver die Zeitgebungs-Flags entsprechend der vom Produkt angestrebten Dienststufe verarbeiten.

REQ_FUNCT_TIMINGFLAGS_02: Der Galileo Timing Receiver muss kontinuierlich das Galileo OS SIS dekodieren, einschließlich der TSM, sofern verfügbar.

REQ_FUNCT_TIMINGFLAGS_03: Der Galileo Timing Receiver muss die folgenden Daten im Zusammenhang mit der Integrität der Zeitgebung verarbeiten, die in der TSM enthalten sind, wie in Anhang D beschrieben:

- GST-Statusflag für jede aktive SVID mit einer Kapazität von 36 parallel verarbeiteten SVID-Flags;
- UTC-Status-Flag;
- IODUTC.

ANMERKUNG 1 Die Verbreitung der Zeitgebungs-Flags wird auf E1 und auf E5b erwartet.

REQ_FUNCT_TIMINGFLAGS_04: Die anwendbaren Zeitgebungs-Flags sind diejenigen, die von Galileo E1 oder E5b dekodiert werden.

REQ_FUNCT_TIMINGFLAGS_05: Der Galileo Timing Receiver muss die GST- und UTC-Statusflags anwenden, um fehlerhafte Satelliten von der Zeitgebungslösung auszuschließen.

REQ_FUNCT_TIMINGFLAGS_06: Wenn zwei unterschiedliche GST-UTC-Stapel gesendet werden (dies ist der nominelle Fall bei jeder Aktualisierung), muss der Receiver den letzten Datensatz (letzte vom Receiver gemessene Empfangszeit) anwenden, sobald dieser von allen empfangenen TSM als gültig bestätigt wurde.

Das bedeutet, dass für die Einbeziehung eines Satelliten alle TSM „Use“ anzeigen müssen, und nicht nur das letzte.

Validitätsprüfungen sollten Konsistenzprüfungen gegenüber den von anderen Satelliten ausgestrahlten Parametersätzen (es wird insbesondere empfohlen, dass der Receiver stets Prüfungen zwischen den von allen Satelliten verbreiteten UTC-Parametern durchführt) und eine OSNMA-Authentifizierung der empfangenen Nachricht beinhalten.

REQ_FUNCT_TIMINGFLAGS_07: Der Galileo Timing Receiver muss jedes in Galileo E1 oder E5b verbreitete GST-Status-Flag interpretieren, wie in der folgenden Tabelle festgelegt.

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

GST-Status-Flag	Definition	Interpretation
000	Nicht OK (Not OK)	Nicht für SL1 verwenden (Don't Use for SL1) Nicht für SL2 verwenden (Don't Use for SL2) Nicht für SL3 verwenden (Don't Use for SL3)
001	Dienststufe 1 für die Zeitgebung	Für SL1 verwenden (Use for SL1) Nicht für SL2 verwenden (Don't Use for SL2) Nicht für SL3 verwenden (Don't Use for SL3)
010	Dienststufe 2 für die Zeitgebung	Für SL1 verwenden (Use for SL1) Für SL2 verwenden (Use for SL2) Nicht für SL3 verwenden (Don't Use for SL3)
011	Reserviert für Dienststufe 3 für die Zeitgebung	Für SL1 verwenden (Use for SL1) Für SL2 verwenden (Use for SL2) Für SL3 verwenden (Use for SL3)
100	Reserve (Spare)	
101	Reserve (Spare)	
110	Reserve (Spare)	
111	Überwachung nicht verfügbar	

REQ_FUNCT_TIMINGFLAGS_08: Der Galileo Timing Receiver muss jedes in Galileo E1 oder E5b verbreitete UTC-Status-Flag interpretieren, wie in der folgenden Tabelle festgelegt.

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

GST-UST-Status-Flag	Definition	Interpretation
000	Nicht in Ordnung (Not OK)	Nicht für SL1 verwenden (Don't Use for SL1) Nicht für SL2 verwenden (Don't Use for SL2) Nicht für SL3 verwenden (Don't Use for SL3)
001	Dienststufe 1 für die Zeitgebung	Für SL1 verwenden (Use for SL1) Nicht für SL2 verwenden (Don't Use for SL2) Nicht für SL3 verwenden (Don't Use for SL3)

Tabelle 6 (fortgesetzt)

GST-UST-Status-Flag	Definition	Interpretation
010	Dienststufe 2 für die Zeitgebung	Für SL1 verwenden (Use for SL1) Für SL2 verwenden (Use for SL2) Nicht für SL3 verwenden (Don't Use for SL3)
011	Reserviert für Dienststufe 3 für die Zeitgebung	Für SL1 verwenden (Use for SL1) Für SL2 verwenden (Use for SL2) Für SL3 verwenden (Use for SL3)
100	Reserve (Spare)	
101	Reserve (Spare)	
110	Reserve (Spare)	
111	Reserve (Spare)	

Sowohl für die GST- als auch für die UTC-Status-Flags kann der Galileo Timing Receiver die Satelliten verwenden, die für die Dienststufe, auf der der Receiver betrieben wird, entsprechend den vorherigen Tabellen als „Use“ gekennzeichnet sind.

REQ_FUNCT_TIMINGFLAGS_09: Die anwendbaren GST/UTC-Status-Flags sind diejenigen, die sich auf dieselbe oder eine höhere Dienststufe beziehen, für die der Galileo Timing Receiver konfiguriert oder entwickelt wurde.

ANMERKUNG 2 Ein Receiver kann eine Gruppe von Satelliten nutzen, vorausgesetzt, alle Satelliten in der Gruppe sind als „Use“ für eine Dienststufe gleich oder höher als die vorgesehene Dienststufe gekennzeichnet.

REQ_FUNCT_TIMINGFLAGS_10: Ein Satellit, der im GST-Status-Flag für die konfigurierte Dienststufe in der Navigationsnachricht eines beliebigen Satelliten als „Don't Use“ gekennzeichnet ist, muss von der vom Galileo Timing Receiver bereitgestellten, auf GST ausgerichteten Zeitgebungslösung ausgeschlossen werden.

ANMERKUNG 3 Ein mit „Don't Use“ gekennzeichneteter Satellit ist entweder „Not OK“, oder er ist nur für eine weniger strenge als die geltende Dienststufe nutzbar, oder „Monitoring not available“.

REQ_FUNCT_TIMINGFLAGS_11: Ein Satellit, der im GST-Flag oder im UTC-Flag für die konfigurierte Dienststufe in der Navigationsnachricht eines beliebigen Satelliten als „Don't Use“ gekennzeichnet ist, muss von der vom Galileo Timing Receiver bereitgestellten, auf UTC ausgerichteten Zeitgebungslösung ausgeschlossen werden.

In dieser Anforderung bedeutet die Nichtnutzung eines Satelliten, der im UTC-Status-Flag mit „Don't Use“ gekennzeichnet ist, dass die von diesem Satelliten verbreiteten GST-UTC-Konvertierungsparameter nicht verwendet werden.

Die vorhergehenden Anforderungen bedeuten, dass, wenn verschiedene Werte von Zeitgebungs-Flags für denselben Satelliten empfangen wurden und für denselben Satelliten aktiv sind, die konservativsten Flags angewendet werden sollten.

REQ_FUNCT_TIMINGFLAGS_12: Wenn das GST-Status-Flag für einen auf „Don't Use“ gesetzten Satelliten für die konfigurierte Dienststufe empfangen wird, darf der Satellit nicht wieder in die GNSS-GST- oder UTC-Zeitgebungs-Lösung einbezogen werden, bis das GST-Status-Flag für diesen Satelliten in der Navigationsnachricht aller sichtbaren Satelliten wieder auf „Use“ gesetzt ist.

REQ_FUNCT_TIMINGFLAGS_13: Wenn das UTC-Status-Flag für einen auf „Don't Use“ gesetzten Satelliten für die konfigurierte Dienststufe empfangen wird, dürfen die von diesem Satelliten verbreiteten GST-UTC-

E DIN EN 16605:2024-05
prEN 16605:2024 (D)

Konvertierungsparameter nicht wieder in der GNSS-UTC-Zeitgebungs-Lösung verwendet werden, bis das UTC-Status-Flag für diesen Satelliten in der Navigationsnachricht aller sichtbaren Satelliten wieder auf „Use“ gesetzt ist.

ANMERKUNG 4 Sobald der Receiver feststellt, dass die Zeitlösung nicht korrekt ist und einen oder mehrere MTE der Überwachungsebenen überschreitet, informiert er den Nutzer. Die Synchronisationseinheit, die den Galileo Timing Receiver enthält, kann dann entweder auf die Zeitlösung umschalten, die lokal von einem Holdover-Gerät bereitgestellt wird (vorausgesetzt, die Ausgabe entspricht der Leistung der Dienststufe), oder weiterhin die GNSS-Lösung zur Aufrechterhaltung der Warnung an den Nutzer bereitstellen oder einfach stoppen.

Andere Situationen, in denen die Synchronisationseinheit, die den Galileo Timing Receiver enthält, auf die vom Holdover-Gerät bereitgestellte Lösung umschalten, den Nutzer warnen oder einfach stoppen könnte, sind:

- die Zeitgebungs-Flags für alle Galileo-Satelliten sind auf „Don't Use“ gesetzt;
- die Anzahl der verfügbaren Satelliten zur Berechnung der Zeitgebungs-Lösung ist geringer als die in 5.4.3 definierte Mindestanzahl von Satelliten;
- verfügbare Gegenprüfungen zwischen verschiedenen Lösungen zeigen eine nicht tolerierbare Diskrepanz zwischen verschiedenen Zeitgebungs-Lösungen. Verfügbare Gegenprüfungen könnten GNSS vs. Lokalszillator oder andere sein.

REQ_FUNCT_TIMINGFLAGS_14: Die Barrieren für die Erkennung eines Satelliten, der zu einem Fehler in der Zeitgebungs-Lösung durch den Galileo Timing Receiver führt, müssen sowohl lokale Barrieren (mindestens T-RAIM) als auch die Anwendung der über TSM empfangenen Informationen über Zeitgebungs-Flags umfassen.

Holdover

Die Synchronisationseinheit, die den Galileo Timing Receiver enthält, sollte mit der Zählung der Holdover-Zeit t_{holdover} ab dem Zeitpunkt beginnen, an dem die Umschaltung erfolgt. Dies wäre eine Anforderung an die Synchronisationseinheit, die den Galileo Timing Receiver enthält, aber nicht an den Chipsatz des Galileo Timing Receivers selbst.

Die maximale Holdover-Periode hängt von der Art des lokalen Holdover-Modus ab. Wenn der lokale Holdover-Modus auf der lokalen Uhr basiert, wird die lokale Uhr durch ihre eigene Genauigkeit beeinflusst, wodurch sich der Zeitfehler mit der Zeit akkumuliert. In jedem Fall muss die Holdover-Periode an die angestrebte Dienstüberwachungsstufe angepasst werden, da eine höhere Dienstüberwachungsstufe eine höhere Genauigkeit bedeutet.

REQ_FUNCT_TIMINGFLAGS_15

Der Galileo Timing Receiver muss der Synchronisationseinheit mitteilen, dass er nur dann auf die GNSS-Lösung zurückschaltet, wenn die folgenden Bedingungen erfüllt sind:

- die lokale Prüfung der GNSS-Zeitgebungs-Lösung erfüllt wieder den MTE der für den Betrieb konfigurierten Dienststufe;
- die Zeitgebungs-Flags zeigen „Use“ nach einem Zeitraum von mindestens $2 \times \text{TTN}$ seit der ersten Erkennung durch die lokale Barriere.

ANMERKUNG 5 Dieser spätere Zeitraum von $2 \times \text{TTN}$ ist erforderlich, um sicherzustellen, dass die Situation wieder dieselbe ist wie vor der Erkennung des Fehlers (und damit alle Verpflichtungen für die Dienstebene wieder gültig sind). Dieser Zeitraum berücksichtigt die Erkennungsfunktion innerhalb von Galileo sowie eine Mindestspanne für die Ausstrahlung der TSM.

Die vorstehend genannten Bedingungen bedeuten, dass die Synchronisationseinheit, die den Galileo Timing Receiver enthält, beim Umschalten in den Holdover-Modus für eine Mindestzeit von $2 \times \text{TTN}$ im Holdover-Modus bleiben muss.

Allerdings entspricht in einem typischen Szenario der Holdover-Modus der Dauer der Störung plus maximal 100 min^{15} , wobei die Dauer der Störung entweder die tatsächliche Dauer oder die Zeit bis zur Behebung der Störung durch das System sein kann (je nachdem, was zuerst eintritt).

In jedem Fall kann die Synchronisierungseinheit eine gültige Zeitgebungslösung ausgeben, sofern der Holdover-Modus die Leistung der Dienststufe während des Zeitraums ohne GNSS-Zeitgebungslösung erfüllen kann.

REQ_FUNCT_TIMINGFLAGS_16: Der Galileo Timing Receiver muss anfänglich von einem Galileo-Zeitgebungsdienst TTN von 30 min ausgehen.

ANMERKUNG 6 Es liegt in der Verantwortung des Galileo-Systems sicherzustellen, dass die zwischen der Aussendung von zwei aufeinanderfolgenden Navigationsnachrichten (unabhängig von der Satelliten-ID) maximal vergangene Zeit unter TTN bleibt.

ANMERKUNG 7 Der Galileo-Zeitgebungsdienst wird TTN mit der Zeit verbessern.

Ein Satellit im erweiterten Betriebsmodus muss für Nutzer des Zeitgebungsdienstes verworfen werden. Dies wird als SHS und nicht als „Signal OK“ gekennzeichnet.

REQ_FUNCT_TIMINGFLAGS_17: Beim Einschalten des Receivers sind die Bedingungen für die Verwendung eines bestimmten Satelliten in der Zeitgebungs-Lösung wie folgt:

- alle TSM-Flags, die sich auf den bestimmten Satelliten beziehen, sind im SIS aller sichtbaren Satelliten auf „Use“ gesetzt;
- die lokalen Barrieren (mindestens T-RAIM) verwerfen den Satelliten nicht.

ANMERKUNG 8 Es besteht keine Notwendigkeit, TTN abzuwarten, um mit der Nutzung von Satelliten zu beginnen, da die kombinierte Wahrscheinlichkeit, dass vor dem Start ein Fehler auftritt, keine Satelliten in Sichtweite sind, die vor TTN mit dem neuesten Wert des Zeitgebungs-Flags aktualisiert wurden, und die Wahrscheinlichkeit einer verpassten Erkennung durch lokale Barrieren, äußerst gering ist, d. h. weit unter dem Integritätsschwellenwert liegt.

Hinsichtlich der Verarbeitung der Galileo OS SIS Status-Flags beschreiben die folgenden Abschnitte die erwartete Verarbeitung auf Nutzerebene.

REQ_FUNCT_SIS_STATUS_FLAGS_01: Der Galileo Timing Receiver muss das Signal Signalzustand (SHS) in der Galileo-Navigationsnachricht verarbeiten und anwenden, indem er Satelliten verwirft, für die der SHS nicht „Signal OK“ ist.

Als Referenz ist in Bild 8 der SHS aus dem aktuellen Galileo SDD dargestellt. Die Tabelle im SDD darf aktualisiert werden, allerdings bleibt die Anforderung an den Galileo Timing Receiver bestehen, d. h. Satelliten zu verwerfen, deren SHS von „Signal OK“ abweicht.

15 Maximale Zeit für die Aktualisierung der TSM aller Satelliten in der Konstellation, nach der alle TSM „Use“ melden werden.

SIGNALZUSTAND (SHS)	FESTLEGUNG
0	Signal OK
1	Signal außer Betrieb
2	Signal wird außer Betrieb sein
3	Signalkomponente aktuell in Prüfung

Bild 8 — Bitwerte für den Signalzustand nach [2]

ANMERKUNG 9 Wenn der SHS für einen bestimmten Satelliten „Signal OK“ ist, müssen die Zeitgebungs-Flags aus der TSM weiterhin angewendet werden, um zu entscheiden, ob dieser Satellit zu verwenden ist oder nicht.

REQ_FUNCT_SIS_STATUS_FLAGS_02

Nutzer der Dienststufe 1 dürfen den DVS nicht anwenden.

Für Dienststufe 2 und Dienststufe 3 muss der Galileo Timing Receiver das Datenvaliditätsstatus-Flag (DVS) in der Galileo-Navigationsnachricht verarbeiten und anwenden, indem er Satelliten verwirft, deren DVS sich von „Navigation Data Valid“ (Navigationsdaten gültig) unterscheidet, wie in Bild 9 dargestellt.

DATENVELIDITÄTS-STATUS (DVS)	FESTLEGUNG
0	Navigationsdaten gültig
1	Betrieb ohne Garantie

Bild 9 — Datenvaliditätsstatus (DVS) nach [2]

ANMERKUNG 10 Wenn der DVS für einen bestimmten Satelliten „Navigation data valid“ ist, müssen die Zeitgebungs-Status-Flags aus der TSM weiterhin angewendet werden, um zu entscheiden, ob dieser Satellit zu verwenden ist oder nicht.

SISA darf weder von SL1 noch von SL2 verarbeitet werden. TBC für SL3-Nutzer.

Außerdem ist es wichtig, die Situation zu berücksichtigen, in der der Galileo Timing Receiver vorübergehend eine bestimmte Dienststufe nicht mehr liefern kann, jedoch weiterhin in der Lage ist, eine weniger anspruchsvolle Dienststufe bereitzustellen. In dieser Situation kann der Hersteller des Receivers eine der beiden folgenden Optionen umsetzen:

- fortgesetzte Bereitstellung der Zeitgebungslösung in Übereinstimmung mit einer weniger anspruchsvollen Dienststufe und Ausgabe einer Warnung mit dem Hinweis, dass die anspruchsvollste Dienststufe nicht mehr bereitgestellt wird;
- Einstellung der Bereitstellung der Zeitgebungslösung.

5.3.7 Funktionsanforderungen und Konsistenzprüfungen für T-RAIM

REQ_FUNCT_TRAIM_01: Der Galileo Timing Receiver muss einen T-RAIM Algorithmus implementieren, der für jede ausgegebene Zeitgebungslösung ausgeführt wird¹⁶. Für eine bestimmte Dienstgüte übernimmt der Algorithmus als Eingaben alle Satelliten, deren TSM „Use“ anzeigt.

¹⁶ In der Verarbeitungskette wird T-RAIM in jeder Epoche mit allen Satelliten ausgeführt, für die TSM „Use“ zulässt. Beide Barrieren arbeiten vorübergehend parallel.

REQ_FUNCT_TRAIM_02: Der Galileo Timing Receiver muss fehlerhafte Satelliten, die durch den T-RAIM-Algorithmus angezeigt werden, von der Zeitgebungslösung ausschließen können.

5.3.8 Anti-Störsendung-Fähigkeiten

5.3.8.1 Allgemeines

Der Galileo Timing Receiver muss Fähigkeiten zur Erkennung von Störsendungen implementieren.

Es können interne Barrieren, wie z. B. eine Gegenprüfung der GNSS-Zeitgebungslösung mit der alternativen Quelle für den Holdover-Modus, implementiert werden. Es können auch andere Barrieren implementiert werden.

In einer nominellen HF-Umgebung (siehe Definition unten) muss der Receiver die Spezifikation der eingestellten Dienststufe einhalten und somit die Zeitgebungs-Ausgaben ohne Warnung vor einem Ausfall aufrechterhalten.

In einer beeinträchtigten HF-Umgebung (siehe Definition unten) sollte der Receiver entweder den Nutzer mit einer Warnung informieren und in den Holdover-Modus wechseln, weiterhin eine Lösung auf der Grundlage von Galileo anbieten und die Warnung an den Nutzer aufrechterhalten oder den 1PPS stoppen. Ein Receiver, der leistungsfähig genug ist, um eine entsprechende Minderung zu implementieren, kann weiterhin eine auf Galileo basierende Ausgabe bereitstellen, ohne den Nutzer zu warnen, wenn die Leistung der Dienststufe weiterhin erfüllt wird.

Die entsprechenden Anforderungen sind in 5.3.8.2 und 5.3.8.3 enthalten.

5.3.8.2 Nominelle HF-Umgebung

Die in dieser Norm festgelegten Leistungsanforderungen gehen von einer nominellen HF-Umgebung aus.

Im Folgenden wird die nominelle HF-Umgebung beschrieben, die für Galileo Timing Receiver nach dieser Norm gilt.

Die Nennumgebung umfasst eine breitbandige RFI mit maximalen Störpegeln für E1 und E5 von -194 dBW/Hz.

Die Begründung für diesen Höchstpegel ist in Anhang F enthalten.

REQ_FUNCT_RFI_01: Der Galileo Timing Receiver muss die Nennleistungen entsprechend der konfigurierten Dienststufe (siehe 5.4) erfüllen, wenn er der nominellen bandinternen HF-Umgebung ausgesetzt ist.

REQ_FUNCT_RFI_02: Der Galileo Timing Receiver muss die Nennleistungen beim Betrieb unter den in der Norm ETSI EN 303 413 V1.2.1 (2021-04) [51], die auch für Galileo Timing Receiver gilt, beschriebenen bandexternen Störbeeinflussungsbedingungen/Umgebung erfüllen.

5.3.8.3 Beeinträchtigte HF-Umgebung

Dieser Abschnitt legt die Funktionsanforderungen für einen Galileo Timing Receiver fest, wenn das empfangene Signal im Raum aufgrund von HF-Störbeeinflussungen beeinträchtigt ist. Für diese Situation wurden für die Robustheitsprüfung TC-11 zwei HF-Leistungsminderungsszenarien festgelegt, wobei zwei gewöhnliche Arten von Störbeeinflussungen durch handelsübliche Störsender verwendet wurden: ein Dauerstrich- (CW, en: continuous wave)) und ein Chirp-Störbeeinflussungssignal. Ihre wesentlichen Merkmale sind in Tabelle 7 aufgeführt:

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

Signalart	Merkmale des Signals	GNSS-Band		
		E1	E5a	E5b
Chirp	Mittenfrequenz (MHz)	1 575,42	1 176,45	1 207,14
	Frequenzband (MHz)	4	20	20
	Durchlaufgeschwindigkeit (KHz)	1	5	5
	Betriebszyklus (%)	100	100	100
	Leistung (dBm) – Niedrig (nur zu Prüfzwecken, siehe TC-11)	–107	–105	–105
	Leistung (dBm) – Hoch	–87	–85	–85
CW	Mittenfrequenz (MHz)	1 576,42	1 176,452	1 207,142
	Betriebszyklus (%)	100	100	100
	Leistung (dBm) – Niedrig (nur zu Prüfzwecken, siehe TC-11)	–107	–105	–105
	Leistung (dBm) – Hoch	–87	–85	–85

REQ_FUNCT_RFI_03: Beim Betrieb in einer beeinträchtigten HF-Umgebung muss der Galileo Timing Receiver entweder die Nennleistungen entsprechend der konfigurierten Dienststufe erfüllen (siehe 5.4.4) oder den Nutzer mit einer Warnung benachrichtigen und in den Holdover-Modus wechseln oder weiterhin eine Lösung auf der Grundlage von Galileo bereitstellen, wobei die Warnung an den Nutzer aufrechterhalten wird, oder den 1PPS stoppen.

ANMERKUNG 1 Ein Receiver, der leistungsfähig genug ist, um eine entsprechende Minderung zu implementieren, kann weiterhin eine auf Galileo basierende Ausgabe bereitstellen, ohne den Nutzer zu warnen, wenn die Leistung der Dienststufe weiterhin erfüllt wird.

ANMERKUNG 2 Es ist anzumerken, dass die in Tabelle 7 aufgeführten Mittenfrequenzen für CW-HF-Störbeeinflussungen um 1 MHz auf E1 und 2 KHz auf E5a und E5b von den GNSS-Mittenfrequenzen verschoben sind.

5.3.9 Galileo OS-NMA-Verarbeitung

Die Galileo-OS-NMA-Verarbeitung wird als Teil der Norm für Galileo Timing Receiver gefordert. Allerdings fällt die Prüfung der Implementierung nicht in den Anwendungsbereich dieser Norm.

REQ_FUNCT_OSNMA_01: Der Galileo Timing Receiver muss eine Authentifizierung auf der Basis von Galileo OSNMA implementieren.

ANMERKUNG 1 Die Verarbeitung von OS-NMA muss Galileo OS NMA ICD und den entsprechenden Receiver-Richtlinien folgen. Derzeit verfügbare Versionen der OS-NMA-Referenzdokumente sind: [7] [8] und [9].

ANMERKUNG 2 Die Galileo-Zeitgebungslösung gilt als nicht authentifiziert, wenn nicht alle zur Berechnung der Zeitgebungslösung verwendeten Satelliten authentifiziert sind.

Der Galileo Timing Receiver, der E1/E5a-Frequenzen verarbeitet, muss Galileo OSNMA implementieren, wenn der OS-NMA-Dienst für E1/E5a-Nutzer angeboten wird.

ANMERKUNG 3 Die Norm beinhaltet nicht die Implementierung anderer zusätzlicher Anti-Spoofing-Techniken.

Darüber hinaus sollten der Galileo Timing Receiver und die Synchronisierungseinheit die Fähigkeit besitzen, den öffentlichen OSNMA-Schlüssel und die Merkle-Wurzel zu aktualisieren, wenn sie vom Galileo-System geändert werden.

5.3.10 Holdover-Fähigkeiten

Die Synchronisationseinheit, die den Galileo Timing Receiver beherbergt, kann ein Holdover-Gerät enthalten.

REQ_FUNCT_HOLDOVER_01: Zur Erleichterung der Synchronisierung und Holdover-Auslösung einer externen Uhr muss der Receiver entweder:

- a) nur dann ein 1PPS-Signal erzeugen, wenn die Schätzung des lokalen Uhrenversatzes innerhalb der angestrebten Dienststufe liegt, oder
- b) eine spezifische und eindeutige Warnnachricht ausgeben, wenn die Schätzung der lokalen Uhr die Leistungsanforderungen der vorgesehenen Dienststufe nicht erfüllt.

Wenn die Dienststufe mit Holdover aufrechtzuerhalten und die Galileo Timing Solution nicht verfügbar ist, muss das Holdover die Anforderungen der Dienstgüte für die vorgesehene Dauer der Holdover-Lösung erfüllen.

Die Synchronisationseinheit, die den Galileo Timing Receiver enthält, muss die Holdover-Zeit überwachen und eine Warnung ausgeben oder ihre Ausgabe stoppen, wenn die Leistungsanforderungen der vorgesehenen Dienstgüte überschritten werden. Dies beinhaltet eine Wahrscheinlichkeit der Überschreitung des MTE, die über der Anforderung von 10^{-5} pro Stunde liegt.

Die Synchronisationseinheit, die den Galileo Timing Receiver enthält, muss den Nutzer informieren, wenn er in den Holdover-Modus wechselt und wenn er zur Galileo Timing Solution zurückkehrt.

5.3.11 Minderung von Mehrwegausbreitungen

REQ_FUNCT_MULTIPATH_01: Der Galileo Timing Receiver muss Techniken zur Minderung von Mehrwegausbreitungen implementieren, um Nutzern zu helfen, die keine Möglichkeit haben, die Antenne unter klarem Himmel zu positionieren.

ANMERKUNG 1 Die Leistungsanforderungen in dieser Norm entsprechen den Bedingungen bei klarem Himmel und einem minimalen Höhenwinkel von 5°.

REQ_FUNCT_MULTIPATH_02: Der Galileo Timing Receiver muss Mittel bereitstellen, um Satellitensignale mit einem C/N0 unterhalb eines konfigurierbaren Schwellenwerts von der Zeitmesslösung auszuschließen.

REQ_FUNCT_MULTIPATH_03: Der Galileo Timing Receiver muss Satelliten mit einem Höhenwinkel unterhalb des Schwellenwerts von 5° von der Zeitgebungslösung ausschließen.

Der Nutzer darf die Elevationsmaskierung auf einen anderen Wert konfigurieren, allerdings geht die Definition des Galileo-Zeitgebungsdienstes von einem Maskierungswinkel von 5° aus. Folglich ist 5° der Maskierungswinkel, der konfiguriert werden muss, um den Galileo Timing Service mit der Fähigkeit zur Integrität zu nutzen und die angestrebte Dienststufe zu erreichen.

Die Norm für Galileo Timing Receiver geht von einer Installation unter klarem Himmel aus.

ANMERKUNG 2 Die Leistungsziele in dieser Norm setzen einen klaren Himmel für den Antennenstandort voraus. Insbesondere die Leistungen der Dienststufe 3 können nur bei klarem Himmel sichergestellt werden. Leitlinien für die Installation und Wartung der Geräte sind in Anhang B enthalten.

5.3.12 Besondere Anforderungen an Konfiguration und Ausgabe

REQ_FUNCT_CONF-OUT_01: Der auf die Dienststufe 3 ausgerichtete Galileo Timing Receiver muss in der Lage sein, Nachrichten mit den Informationen bereitzustellen, die von der Synchronisierungseinheit, die den Galileo Timing Receiver enthält, benötigt werden (Rohdaten der Zweifrequenz: Pseudostrecke und Trägerphase), um RINEX-Beobachtungsdateien erzeugen zu können.

ANMERKUNG Für Galileo Timing Receiver, die auf die Dienststufen 1 und 2 ausgerichtet sind, ist es wünschenswert, auch REQ_FUNCT_CONF-OUT_01 zu entsprechen.

REQ_FUNCT_CONF-OUT_02: Der Galileo Timing Receiver muss es dem Nutzer ermöglichen, die genaue Position der Antenne mit einer Auflösung von mindestens 1 cm bei der Umrechnung in kartesische ITRF-Koordinaten einzugeben.

REQ_FUNCT_CONF-OUT_03: Der Galileo Timing Receiver muss in der Lage sein, die Erzeugung des 1PPS-Signals entsprechend der Gesamtverzögerung der Empfangskette (Antenne, Antennenkabel und Receiver selbst), wie vom Nutzer kalibriert und mit einem Wert für GST und/oder UTC konfigurierbar, mit einer Auflösung von mindestens 1 ns oder besser durchzuführen.

REQ_FUNCT_CONF-OUT_04: Der Galileo Timing Receiver muss mindestens die Anzahl der verarbeiteten Satelliten und die Genauigkeit (Standardabweichung) der GST- und/oder UTC-Ausgabe melden.

Der Nutzer von Galileo Timing sollte den Receiver in „fester Position“ mit genau bekannter Antennenposition auf der 5 cm Ebene (2-Sigma) konfigurieren.

5.4 Leistungsanforderungen

5.4.1 Allgemeines

In diesem Abschnitt werden die Leistungsanforderungen an den Galileo Timing Receiver festgelegt.

Die Grundvoraussetzungen für die Anforderungen sind:

- Modus feste Position;
- klarer Himmel;
- Maskierungswinkel von 5°;
- Der Galileo-Zeitgebungsdienst arbeitet unter Nennbedingungen entsprechend dem zukünftigen Galileo-Dienstdefinitionsdokument, in dem der Galileo-Zeitgebungsdienst beschrieben ist.

Die Leistungsanforderungen müssen unter den in 5.3.8.2 beschriebenen RFI-Nennbedingungen erfüllt werden.

5.4.2 Genauigkeitsanforderungen

Entsprechend der aktuellen Ausgabe des Galileo-Dienst-Definitions Dokuments [2] sollte die Galileo-Zeitgebung des Receivers eine Genauigkeit der Zeitlösung in Bezug auf UTC von 30 ns in 95 % der Zeit über einen Zeitraum von 30 Tagen an einem beliebigen Nutzerstandort (nahe der Erdoberfläche) unter Ausschluss von Ausbreitung und Nutzerbeitrag bieten.

Zukünftige Ausgaben von Galileo SDD werden die Genauigkeit verbessern und auch Verpflichtungen für GST enthalten. Insbesondere der Galileo-Zeitgebungsdienst wird verbesserte Anforderungen an die GST- und UTC-Genauigkeit stellen. Die Verpflichtungen werden die Beiträge der Nutzer und die zutreffenden Bedingungen entsprechend dieser Norm berücksichtigen.

Für alle Dienststufen, unter klarem Himmel, nach geeigneter Kalibrierung der Verzögerung der Empfangskette und im Modus „bekannte“ Antennenposition auf einer Ebene von 5 cm (2-Sigma) wird der Receiver (durch REQ_PERFO_ACC_01) dazu beitragen, dass die Gesamtgenauigkeit (End-to-End), d. h. der Fehler der geschätzten Zeitskala und des entsprechenden 1PPS-Signals, besser als 5 ns (2-Sigma) für GST und besser als 10 ns (2-Sigma) für UTC ist.

Das Galileo-Programm verpflichtet sich nur zu einer End-to-End-Genauigkeit für Timing-Receiver, bei denen der Beitrag von Receiver-Rauschen und Kalibrierungsfehler unter 2 ns (95 %) liegt.

In diesem Zusammenhang ist die entsprechende Genauigkeitsanforderung für den Rauschbeitrag des Receivers in REQ_PERFO_ACC_01 definiert.

REQ_PERFO_ACC_01: Der Rauschbeitrag des Galileo Timing Receivers¹⁷ zur GST-Lösung ist kleiner als **0,3 ns (1-Sigma)**, wobei die Mindestanzahl sichtbarer Satelliten nach REQ_FUNC_DYN_04 berücksichtigt wird.

ANMERKUNG 1 Die hier definierten Genauigkeitsanforderungen an den Rauschbeitrag beziehen sich auf **den Beitrag des Rauschens des Timing-Receivers** allein, entsprechend den Zweifrequenzmessungen und der Kombination der für die GST-Lösung verwendeten Satelliten.

ANMERKUNG 2 Der geforderte Rauschbeitrag wird unter nominellen Umgebungsbedingungen vorausgesetzt, wie z. B. einer stabilen Temperatur zwischen 15 °C und 30 °C und einer relativen Luftfeuchte zwischen 20 % und 75 %, wie für die Prüfung in EN 61108-3 [13] gefordert. ETSI EN 303 413 V1.2.1 [51] fordert ebenfalls ähnliche Umgebungsbedingungen für die Prüfungen.

ANMERKUNG 3 Für diese Anforderung wird die in 5.3.8.2 beschriebene nominelle HF-Umgebung angenommen.

Bezüglich der Kalibrierung sind die Leitlinien für die Kalibrierung in B.3 aufgeführt. Die Kalibrierung basiert auf der Messung der Gesamtverzögerung der Empfängerkernte des Nutzers im eingebauten Zustand im Vergleich zu einem mobilen Kalibrierkit. Andere, einfachere Kalibrierverfahren mit einer weniger strengen Kalibrierengenauigkeit sind zulässig, jedoch kann das Galileo-Programm in diesem Fall keine Verpflichtung hinsichtlich der Genauigkeitsleistungen eingehen.

5.4.3 Anforderungen an die Verfügbarkeit

REQ_PERFO_AVAILABILITY_01: Unter der Annahme, dass die Leistung des Galileo-Zeitgebungsdienstes unter Nennbedingungen entsprechend dem Galileo-Dienstdefinitionsdokument erbracht wird, muss die Wahrscheinlichkeit, dass ein Galileo Timing Receiver, der unter den in der Norm für Galileo Timing Receiver festgelegten Nennbedingungen arbeitet, keine gültigen Ausgaben liefert, geringer als 10^{-4} sein.

ANMERKUNG Die End-to-End-Verfügbarkeitsleistung hängt auch von der Leistung des Galileo-Zeitgebungsdienstes ab. Die hier festgelegten Verfügbarkeitsanforderungen entsprechen allein dem Beitrag des Timing-Receivers.

5.4.4 Integritätsanforderungen

5.4.4.1 Anforderungen an Leistung und Integrität

Der Galileo Timing Receiver trägt zur Gesamtintegritätsanforderung des Galileo-Zeitgebungsdienstes bei. Die Anforderung bestimmt, dass die Wahrscheinlichkeit, dass der Zeitfehler über dem maximal zulässigen Fehler der Dienststufe liegt, in der er betrieben wird, ohne dass der Nutzer gewarnt wird, geringer als 10^{-5} je Stunde ist.

17 Das Receiver-Rauschen ist ein weißer Fehler, der eine der Quellen für den Messfehler des Receivers ist. Dieser Fehler hängt mit dem Galileo Timing Receiver selbst zusammen und beeinflusst sowohl die Code- als auch die Trägermessungen. Die andere Fehlerquelle, die mit der Nutzerausrüstung zusammenhängt, ist der Kalibrierungsfehler, der in B.3 behandelt wird.

E DIN EN 16605:2024-05
prEN 16605:2024 (D)

Es ist anzumerken, dass in diesem Abschnitt, wie auch in den übrigen Leistungsanforderungen, von nominellen RFI-Bedingungen ausgegangen wird.

Das bedeutet, dass der Receiver in dem Szenario, in dem es keine Ausfälle auf Systemebene gibt, korrekt funktionieren muss.

Darüber hinaus muss der Receiver zwei Barrieren implementieren, um das Szenario abzudecken, bei dem es zu Ausfällen auf Systemebene kommt. In diesem Fall werden zwei Arten von Barrieren auf der Receiver-Ebene gefordert:

- eine korrekte Verarbeitung der TSM, siehe Anforderung REQ_PERFO_INTEG_01;
- eine lokale Barriere, mindestens T-RAIM mit der zugehörigen Wahrscheinlichkeit einer verpassten Erkennung, siehe REQ_PERFO_TRAIM_05.

REQ_PERFO_INTEG_01: Der Galileo Timing Receiver muss die TSM korrekt verarbeiten, mit einer unmittelbaren Wahrscheinlichkeit einer falschen Verarbeitung unter 10^{-5} .

Sobald SL3 vom Galileo-Zeitgebungsdienst bereitgestellt wird, wird der Receiver für SL3 unter Bedingungen eines klaren Himmels mit mindestens TBD¹⁸ Galileo-Satelliten in Sichtweite mit einem Beitrag des Receiver-Rauschens und der Kalibrierung unter 2 ns (nach geeigneter Kalibrierung der Verzögerung der Empfangskette) und im Modus „bekannte“ Position unter Verwendung von Eingangskoordinaten mit einer Genauigkeit auf einer Ebene von 5 cm (2-Sigma) einen Beitrag leisten (durch REQ_PERFO_INTEG_01, REQ_PERFO_TRAIM_05 und REQ_PERFO_INTEG_NOMINAL_01) zur Erfüllung der Galileo-Dienststufe 3, d. h. der Fehler in der geschätzten Zeitskala und dem entsprechenden 1PPS-Signal überschreitet bei GST mit einer Wahrscheinlichkeit $< 10^{-5}$ je Stunde nicht ± 15 ns.

Sobald SL3 vom Galileo-Zeitgebungsdienst bereitgestellt wird, wird der Receiver für SL3 unter Bedingungen eines klaren Himmels mit mindestens TBD¹⁹ Galileo-Satelliten in Sichtweite mit einem Beitrag des Receiver-Rauschens und der Kalibrierung unter 2 ns (nach geeigneter Kalibrierung der Verzögerung der Empfangskette) und im Modus „bekannte“ Position unter Verwendung von Eingangskoordinaten mit einer Genauigkeit auf einer Ebene von 5 cm (2-Sigma) einen Beitrag leisten (durch REQ_PERFO_INTEG_01, REQ_PERFO_TRAIM_05 und REQ_PERFO_INTEG_NOMINAL_02) zur Erfüllung der Galileo-Dienststufe 3, d. h. der Fehler in der geschätzten Zeitskala und dem entsprechenden 1PPS-Signal überschreitet bei UTC mit einer Wahrscheinlichkeit $< 10^{-5}$ je Stunde nicht ± 30 ns, vorausgesetzt, die von Galileo verbreiteten UTC-Umrechnungsparameter entsprechen den Spezifikationen.

ANMERKUNG 1 Der Grad der Genauigkeit der UTC-Umrechnungsparameter liegt in der Verantwortung des Galileo-Systems.

Techniken zur Jitter-Reduzierung dürfen verwendet werden.

Für SL2 unter Bedingungen eines klaren Himmels mit mindestens drei Galileo-Satelliten in Sichtweite mit einem Beitrag des Receiver-Rauschens und Kalibrierung (nach geeigneter Kalibrierung der Verzögerung der Empfangskette) und im Modus „bekannte“ Position wird der Receiver einen Beitrag leisten (durch REQ_PERFO_INTEG_01, REQ_PERFO_TRAIM_05 und REQ_PERFO_INTEG_NOMINAL_03) zur Erfüllung der Galileo-Dienststufe 2, d. h. der Fehler in der geschätzten Zeitskala und dem entsprechenden 1PPS-Signal überschreitet bei GST mit einer Wahrscheinlichkeit $< 10^{-5}$ je Stunde nicht ± 100 ns.

Für SL2 unter Bedingungen eines klaren Himmels mit mindestens drei Galileo-Satelliten in Sichtweite mit einem Beitrag des Receiver-Rauschens und Kalibrierung (nach geeigneter Kalibrierung der Verzögerung der Empfangskette) und im Modus „bekannte“ Position wird der Receiver einen Beitrag leisten (durch

18 Die Mindestanzahl von Satelliten für SL3 wird in einer zukünftigen Ausgabe der Norm bestimmt.

19 Die Mindestanzahl von Satelliten für SL3 wird in einer zukünftigen Ausgabe der Norm bestimmt.

REQ_PERFO_INTEG_01, REQ_PERFO_TRAIM_05 und REQ_PERFO_INTEG_NOMINAL_04) zur Erfüllung der Galileo-Dienststufe 2, d. h. der Fehler in der geschätzten Zeitskala und dem entsprechenden 1PPS-Signal überschreitet bei UTC mit einer Wahrscheinlichkeit $< 10^{-5}$ je Stunde nicht ± 100 ns, vorausgesetzt, die von Galileo verbreiteten UTC-Umrechnungsparameter entsprechen den Spezifikationen.

Für SL1 unter Bedingungen eines klaren Himmels mit mindestens drei Galileo-Satelliten in Sichtweite mit einem Beitrag des Receiver-Rauschens und Kalibrierung (nach geeigneter Kalibrierung der Verzögerung der Empfangskette) und im Modus „bekannte“ Position wird der Receiver einen Beitrag leisten (durch REQ_PERFO_INTEG_01, REQ_PERFO_TRAIM_05 und REQ_PERFO_INTEG_NOMINAL_05) zur Erfüllung der Galileo-Dienststufe 1, d. h. der Fehler in der geschätzten Zeitskala und dem entsprechenden 1PPS-Signal überschreitet bei GST mit einer Wahrscheinlichkeit $< 10^{-5}$ je Stunde nicht $\pm 1\,000$ ns.

Für SL1 unter Bedingungen eines klaren Himmels mit mindestens drei Galileo-Satelliten in Sichtweite mit einem Beitrag des Receiver-Rauschens und Kalibrierung (nach geeigneter Kalibrierung der Verzögerung der Empfangskette) und im Modus „bekannte“ Position wird der Receiver einen Beitrag leisten (durch REQ_PERFO_INTEG_01, REQ_PERFO_TRAIM_05 und REQ_PERFO_INTEG_NOMINAL_06) zur Erfüllung der Galileo-Dienststufe 1, d. h. der Fehler in der geschätzten Zeitskala und dem entsprechenden 1PPS-Signal überschreitet bei UTC mit einer Wahrscheinlichkeit $< 10^{-5}$ je Stunde nicht ± 100 ns, vorausgesetzt, die von Galileo verbreiteten UTC-Umrechnungsparameter entsprechen den Spezifikationen.

Hinsichtlich der Integritätsfähigkeit ist anzumerken, dass für SL3 eine Kalibriergenauigkeit von weniger als 2 ns gefordert wird, während für SL1 und SL2 in B.3 Leitlinien für die Kalibrierung entsprechend den Dienststufen angegeben sind. Es würde genügen, eine Kalibriergenauigkeit unter 100 ns für SL1 und 20 ns für SL2 zu erreichen. Diese Werte müssen mit einer niedrigen Ausfallwahrscheinlichkeit von unter 10^{-5} erreicht werden.

Zusätzlich zur Integrität wird in 5.4.2 die Genauigkeit der Kalibrierung beschrieben, die erforderlich ist, um die Genauigkeitsleistungen zu erreichen (Beitrag des Receiver-Rauschens und Kalibrierfehler unter 2 ns, 95 %).

ANMERKUNG 2 Während der Prüfungen TC-02 bis TC-07 muss überprüft werden, dass die Differenz zwischen der Zeitgebungslösung des Galileo-Receivers und der Referenzskala für die Prüfung immer unter dem MTE der Dienststufe liegt.

REQ_PERFO_INTEG_NOMINAL_01: Sobald SL3 vom Galileo-Zeitgebungsdienst angeboten wird, muss der auf SL3 ausgerichtete Galileo Timing Receiver im fehlerfreien Fall, d. h. wenn keine Fehler auf Systemebene vorliegen und alle Zeitgebungs-Flags auf „Use“ gesetzt sind, garantieren, dass der Fehler in der geschätzten Zeitskala und dem entsprechenden 1PPS-Signal bei GST ± 15 ns nicht überschreitet.

REQ_PERFO_INTEG_NOMINAL_02: Sobald SL3 vom Galileo-Zeitgebungsdienst angeboten wird, muss der auf SL3 ausgerichtete Galileo Timing Receiver im fehlerfreien Fall, d. h. wenn keine Fehler auf Systemebene vorliegen und alle Zeitgebungs-Flags auf „Use“ gesetzt sind, garantieren, dass der Fehler in der geschätzten Zeitskala und dem entsprechenden 1PPS-Signal bei UTC ± 30 ns nicht überschreitet.

REQ_PERFO_INTEG_NOMINAL_03: Im fehlerfreien Fall, d. h. wenn keine Fehler auf Systemebene vorliegen und alle Zeitgebungs-Flags auf „Use“ gesetzt sind, muss der auf SL2 ausgerichtete Galileo Timing Receiver garantieren, dass der Fehler in der geschätzten Zeitskala und dem entsprechenden 1PPS-Signal bei GST ± 100 ns nicht überschreitet.

REQ_PERFO_INTEG_NOMINAL_04: Im fehlerfreien Fall, d. h. wenn keine Fehler auf Systemebene vorliegen und alle Zeitgebungs-Flags auf „Use“ gesetzt sind, muss der auf SL2 ausgerichtete Galileo Timing Receiver garantieren, dass der Fehler in der geschätzten Zeitskala und dem entsprechenden 1PPS-Signal bei UTC ± 100 ns nicht überschreitet.

REQ_PERFO_INTEG_NOMINAL_05: Im fehlerfreien Fall, d. h. wenn keine Fehler auf Systemebene vorliegen und alle Zeitgebungs-Flags auf „Use“ gesetzt sind, muss der auf SL1 ausgerichtete Galileo Timing Receiver garantieren, dass der Fehler in der geschätzten Zeitskala und dem entsprechenden 1PPS-Signal bei GST $\pm 1\,000$ ns nicht überschreitet.

REQ_PERFO_INTEG_NOMINAL_06: Im fehlerfreien Fall, d. h. wenn keine Fehler auf Systemebene vorliegen und alle Zeitgebungs-Flags auf „Use“ gesetzt sind, muss der auf SL1 ausgerichtete Galileo Timing Receiver garantieren, dass der Fehler in der geschätzten Zeitskala und dem entsprechenden 1PPS-Signal bei UTC $\pm 1\,000$ ns nicht überschreitet.

Es ist anzumerken, dass in den vorherigen Anforderungen der Fehler als die Differenz zwischen der vom Galileo Timing Receiver geschätzten Zeitlösung und der wahren Zeit definiert ist. Demnach ist im Zusammenhang mit den in 6.8 beschriebenen Prüfungen der Fehler die Differenz zwischen der vom Receiver geschätzten Zeit und der für die Prüfungen verwendeten Referenzzeitskala.

Das Galileo-Programm verpflichtet sich lediglich, die Integritätsleistungen der Dienststufe 3 unter der Annahme zu erbringen, dass der maximale Gesamtfehlerbeitrag des Receivers 2 ns beträgt. Dieser Fehlerbeitrag setzt sich aus dem Kalibrierfehler und anderen Fehlerquellen des Receivers zusammen. Leitlinien für die Kalibrierung, die auf die verschiedenen Dienststufen ausgerichtet sind, sind in B.3 enthalten. Die anwendbare Kalibrierung der Zeitverzögerungsgenauigkeit, die erforderlich ist, um die zugesicherten Integritätsleistungen der Dienststufe 3 zu erreichen, ist in B.3 dargestellt, wobei eine Kalibrierung erforderlich ist, die auf der Messung der Gesamtverzögerung der Empfängerseite des Nutzers im eingebauten Zustand im Verhältnis zu einem mobilen Kalibrierteil beruht. Andere, einfachere Kalibrierverfahren mit einer weniger strengen Genauigkeit der Kalibrierung sind für MTEs der Dienststufen 1 und 2 zulässig.

5.4.4.2 Zeit bis zur Warnung

REQ_PERFO_TTA_01: Der Galileo Timing Receiver muss eine Störung melden, sobald er die Meldung aus der ausgestrahlten Galileo-Datennachricht über TSM oder durch lokale Barrieren dekodiert hat. Bei lokalen Barrieren beträgt die Zeit bis zur Warnung in jedem Fall weniger als eine Sekunde.

ANMERKUNG Da die T-RAIM-Erkennungszeit hinsichtlich der Frequenz, in der der T-RAIM-Algorithmus ausgeführt wird (1 s), vernachlässigbar ist, kann davon ausgegangen werden, dass die TTA für T-RAIM unter 1 s beträgt.

Der Galileo Timing Receiver sollte die Daten auch authentifizieren. Dies dauert möglicherweise länger als 1 s, aber in jedem Fall liegt die Zeit für die Authentifizierung weit unter der anfänglich vorgesehenen TTN von 30 min.

5.4.5 Leistungen und Schwellenwerte von T-RAIM

REQ_PERFO_TRAIM_01: Der T-RAIM-Algorithmus muss für jede Epoche ausgeführt werden, in der der Receiver eine Galileo-Zeitgebungslösung ausgibt.

REQ_PERFO_TRAIM_02: Der Schwellenwert für die T-RAIM-Erkennung für die Dienststufe 1 muss den maximal zulässigen Fehler von 1 000 ns für die GST-Zeitgebungslösung sicherstellen.

REQ_PERFO_TRAIM_03: Der Schwellenwert für die T-RAIM-Erkennung für die Dienststufe 2 muss den maximal zulässigen Fehler von 100 ns für die GST-Zeitgebungslösung sicherstellen.

REQ_PERFO_TRAIM_04: Der Schwellenwert für die T-RAIM-Erkennung für die Dienststufe 3 muss den maximal zulässigen Fehler von 15 ns für die GST-Zeitgebungslösung sicherstellen.

REQ_PERFO_TRAIM_05: Die T-RAIM-Funktionalität muss eine unmittelbare Wahrscheinlichkeit der verpassten Erkennung von weniger als 10^{-5} sicherstellen.

REQ_PERFO_QUARANTINE_01: Sobald ein Satellit aus der Lösung entfernt wurde, wie durch Zeitgebungs-Flags angezeigt (siehe Bild 3), darf der Satellit frühestens nach einem Zeitraum von $2 \times \text{TTN}$ seit der ersten Erkennung durch die lokale Barriere wieder eingeführt werden. Ein Satellit darf auf jeden Fall nur dann wieder eingeführt werden, wenn sein Flag in allen TSMs „Use“ anzeigt.

5.4.6 Holdover-Zeitüberschreitung

Es wird empfohlen, dass der Hersteller der Synchronisationseinheit, die den Galileo Timing Receiver enthält, die maximale Holdover-Zeitüberschreitung für jede Dienststufe festlegt, die er bereitstellen kann. Dies wäre eine Anforderung an die Synchronisationseinheit, die den Galileo Timing Receiver enthält, aber nicht an den Chipsatz des Galileo Timing Receivers selbst.

6 Verifizierung von Galileo Timing Receivern

6.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt enthält die Definition der Verifizierung von Galileo-fähigen Timing Receivern auf der Grundlage der in Abschnitt 5 aufgeführten technischen Spezifikation.

Der inhaltliche Aufbau ist wie folgt:

- Definition der Prüfpolitik in 6.2;
- Strategie für die Verifizierung der Galileo Timing Receiver in 6.3;
- Beschreibung des Aufbaus der Prüfumgebung in 6.4;
- Definition der Antennenbedingungen in 6.5;
- Fehlerbudgets für die Prüfungen in 6.6;
- Rückverfolgbarkeitsmatrix zwischen den Anforderungen und den Verifikationsverfahren in 6.7;
- Prüfungen der Galileo Timing Receiver in 6.8.

Es ist anzumerken, dass Anhang E zu Aufzeichnungs- und Wiedergabedateien für die Prüfung der Galileo Timing Receiver gilt.

6.2 Prüfpolitik für Galileo Timing Receiver

Die vorgeschlagenen Prüfungen für Galileo Timing Receiver basieren ausschließlich auf Funktionen und Leistungen und verwenden ein Black-Box-Prüfparadigma.

Black-Box-Prüfungen sind ein Verfahren zum Prüfen von Software, bei dem die Funktionalität einer Anwendung untersucht wird, ohne einen Einblick in ihre internen Strukturen oder Funktionsweisen zu nehmen. Die wesentlichen Vorteile dieses Ansatzes sind die reduzierte Komplexität der Prüfungen sowie die geringeren Auswirkungen auf die Aktivitäten des Herstellers. Darüber hinaus werden durch die Konzentration auf die Leistung Innovation und hervorragende Leistungen der Produkte gefördert.

In der leistungsbezogenen Politik für Galileo Timing Receiver wurden die abzudeckenden Funktionen in Abschnitt 5 sowie die wichtigsten Schlüssel-Leistungskennzahlen (KPI) und die Bedingungen, unter denen diese KPIs geprüft werden, zusammen mit den verschiedenen Leistungsniveaus, die unter diesen Bedingungen erwartet werden, festgelegt. Insbesondere sind die folgenden KPIs für die Bewertung der Leistung der Galileo Timing Receiver von Bedeutung:

- Genauigkeit;
- Verfügbarkeit;
- Integrität: Ausfallwahrscheinlichkeit und Zeitfehler, die mit den festgelegten maximal zulässigen Fehlern zu vergleichen sind;

— T-RAIM-Wahrscheinlichkeit der verpassten Erkennung.

6.3 Strategie für die Verifizierung der Galileo Timing Receiver

6.3.1 Verifizierungsverfahren

Die folgenden Verifikationsmethoden können im Verifikationsprozess eines SW-Systems für jede der Anforderungen und/oder Leistungsmetriken berücksichtigt werden. Für die Verifizierung der gesamten Reihe von Anforderungen werden in der Regel verschiedene Verfahren in Kombination verwendet.

— Prüfung (T). Bestimmung eines oder mehrerer Merkmale eines Gegenstands der Konformitätsbewertung (4.2) nach einem Verfahren entsprechend der Festlegung in EN ISO/IEC 17000 [69]. Das Verfahren kann für die Kontrolle von Variablen innerhalb der Prüfung als Beitrag zur Genauigkeit oder Zuverlässigkeit der Ergebnisse bestimmt sein.

Die Prüfungen für die Galileo Timing Receiver können in Gruppen unterteilt werden:

- Prüfungen der Funktionsanforderungen des Galileo Timing Receivers: um sicherzustellen, dass die vom Galileo Timing Receiver geforderten Funktionen korrekt implementiert sind: TC-01, TC-10 und TC-11.
- Leistungsprüfungen für Galileo Timing Receiver: Analyse des Leistungsniveaus, das bei der Nutzung des Galileo Timing Receiver erreicht wird: TC-02 bis TC-09 und TC-12.
- Analyse (A). Verifikationsverfahren unter Verwendung von Techniken und Werkzeugen zur Bestätigung, dass die Verifikationsanforderungen entsprechend der Festlegung in ECSS-S-ST-00-01C [70] erfüllt wurden. Beispiele von Techniken und Werkzeugen sind mathematische Modelle, Bewertungen der Kompatibilität und die Validierung von Aufzeichnungen.
- Inspektion (I). Untersuchung eines Gegenstands der Konformitätsbewertung und Feststellung seiner Konformität mit detaillierten Anforderungen oder, auf der Grundlage eines fachlichen Urteils, mit allgemeinen Anforderungen, basierend auf der Festlegung nach EN ISO/IEC 17000 [69]. Die Untersuchung kann direkte oder indirekte Beobachtungen enthalten, die auch Messungen oder die Ausgabe von Geräten umfassen können.
- Überprüfung (R). Berücksichtigung der Eignung, Angemessenheit und Wirksamkeit von Auswahl- und Bestimmungsaktivitäten sowie der Ergebnisse dieser Aktivitäten hinsichtlich der Erfüllung festgelegter Anforderungen durch einen Gegenstand der Konformitätsbewertung, entsprechend der Festlegung in EN ISO/IEC 17000 [69].

6.3.2 Verifizierungsstrategie für Galileo Timing Receiver

In der folgenden Liste sind eine Reihe von Überlegungen für die Strategie zur Prüfung von Galileo Timing Receivern festgelegt:

- Für die Galileo Timing Receiver-Prüfreihe wird ein Black-Box-Paradigma erwogen;
- Es wird empfohlen, dass die Aufzeichnung der Szenarien für die Prüfungen entweder von akkreditierten Laboratorien nach EN ISO/IEC 17025 [71] oder im EU GNSS User Segment Laboratory der Gemeinsamen Forschungsstelle der Europäischen Kommission (GFS) durchgeführt wird;
- die Prüfung der Galileo Timing Receiver umfasst nicht die Installation, die Instandhaltung und den Betrieb der Geräte. Leitlinien für die Installation und Instandhaltung des Receivers sind in Anhang B zusätzlich zur Norm für Galileo Timing Receiver enthalten;
- die vorstehenden Überlegungen implizieren, dass für die Prüfung des Galileo Timing Receiver die Kabellänge, der Typ, die Antenneneigenschaften und der Standort feste und vorgegebene Konfigurationspara-

meter sind. Entsprechend muss für jedes Prüffall-Szenario der aktuelle Aufzeichnung- und Wiedergabe-Ansatz dokumentiert werden;

- für die Prüfungen zur Messung der Leistung der Zeitgebungslösung könnte ein Zeitintervallzähler (TIC) verwendet werden.

Es ist folgende **Verifikationsstrategie** festgelegt:

- ein Teil der Verifizierung der Anforderungen wird durch die Inspektions-/Überprüfungsverfahren durchgeführt. Der Grund liegt in der Minimierung der Komplexität der Prüfreihe, um kein hochkomplexes Regelwerk für die Normung der Galileo Timing Receiver zu erfordern, das der Kritikalität der T&S Anwendungen entspricht;
- es wird eine einfache Prüfreihe für Galileo Timing Receiver festgelegt, die den größten Mehrwert bieten würde, indem der Schwerpunkt auf der Verifizierung der wesentlichen Leistungsanforderungen und -funktionen liegt. Es werden insbesondere 12 Prüffälle vorgeschlagen, die der nachstehend erläuterten Vorgehensweise folgen:
 - der erste Prüffall (TC-01) dient der Verifizierung der Funktionsanforderungen im Zusammenhang mit der Integritätsfähigkeit der Zeitgebung der GNSS, insbesondere der Verarbeitung von Zeitgebungs-Flags,
 - die nächsten 6 Prüffälle (TC-02 bis TC-07) befassen sich mit der Verifizierung der Leistungen, insbesondere mit der Verifizierung, dass die verschiedenen Dienststufen sowohl für GST- als auch für UTC-Zeitskalen erfüllt werden,
 - TC-08 und TC-09 bewerten die Leistungen des Galileo Timing Receivers bei Installation in beeinträchtigten und in leichten Innenraumumgebungen. Es werden keine Kriterien für das Bestehen/Nichtbestehen bestimmt, da die Anforderungen in dieser Norm immer von einem klaren Himmel ausgehen,
 - TC-10 und TC-11 befassen sich mit der Prüfung der Robustheit gegenüber RFI unter nominellen bzw. verschlechterten Bedingungen,
 - TC-12 befasst sich mit den T-RAIM-Fähigkeiten des Receivers,
 - TC-13 befasst sich mit der Verifizierung der Anforderungen an das Receiver-Rauschen.

6.3.3 Prüfreihe für Galileo Timing Receiver

Eine Übersicht über die Prüfreihe für Galileo Timing Receiver ist in Tabelle 8 enthalten, während die detaillierte Beschreibung der Prüfungen für Galileo Timing Receiver in 6.8 enthalten ist.

Tabelle 8 — Überblick über die Galileo-Prüfreihe

TC-ID	Titel	Ziel	Vorgehensweise
TC-01	Prüfung zur Verifizierung der Integritätsfunktion des Galileo Timing Receivers:	Verarbeitung von Zeitgebungs-Flags	Es ist ein Referenzszenario mit Aufzeichnungs- und Wiedergabeansatz zu berücksichtigen. Einführung von Stimuli: — Anwendung eines Zeitgebungs-Flags auf "Don't Use" für die konfigurierte Dienststufe²⁰. — Überprüfung der Ausgabe, ob der fehlerhafte Satellit ausgeschlossen ist (durch Verarbeitung der Zeitgebungs-Flags). Weitere Einzelheiten sind in 6.4 bis 6.8 enthalten.
TC-02	GST-Dienststufe 1	Prüfung zur Überprüfung, ob SL1 für GST in einem kontrollierten Szenario erreicht wird	Vorbereitung des Prüf Szenarios entsprechend den Mindestmerkmalen für die Ausrüstung für SL1, siehe Tabelle 3. Verwendung des SDR-Kits (oder einer gleichwertigen Ausrüstung) zur Eingabe der HF-Signale in den zu prüfenden Timing Receiver. Verwendung eines Zeitintervallzählers zur Bewertung der Erfüllung von SL1. Weitere Einzelheiten sind in 6.4 bis 6.8 enthalten.
TC-03	GST-Dienststufe 2	Prüfung zur Überprüfung, ob SL2 für GST in einem kontrollierten Szenario erreicht wird	Vorbereitung des Prüf Szenarios entsprechend den Mindestmerkmalen für die Ausrüstung für SL2, siehe Tabelle 3. Verwendung des SDR-Kits (oder einer gleichwertigen Ausrüstung) zur Eingabe der HF-Signale in den zu prüfenden Timing Receiver. Verwendung eines Zeitintervallzählers zur Bewertung der Erfüllung von SL2. Weitere Einzelheiten sind in 6.4 bis 6.8 enthalten.