DIN EN 16803-4:2025-06 (D)

Raumfahrt - Anwendung von GNSS-basierter Ortung für Intelligente Transportsysteme (ITS) im Straßenverkehr - Teil 4: Definitionen und systemtechnische Verfahren für den Entwurf und die Validierung von Testszenarien; Deutsche Fassung EN 16803-4:2024

Inhalt

Seite

Europäisches Vorwort ... 10

Einleitung ... 11

1 Anwendungsbereich ... 13

2 Normative Verweisungen ... 14

3 Begriffe und Abkürzungen ... 14
3.1 Begriffe ... 14
3.2 Abkürzungen ... 16

4 Technische Dokumentation für die Auslegung von Szenarien ... 17
4.1 Technische Dokumentation für „R&R“ ... 17
4.1.1 Allgemeines ... 17
4.1.2 Formulierung von Erfordernissen ... 18
4.1.3 Prüfspezifikationen ... 19
4.1.4 Prüfplan ... 19
4.1.5 Einsatzprüfungsbedingung und Validierung ... 36
4.2 Liste von zu erstellenden Dokumenten für Simulationsszenario ... 38
4.2.1 Allgemeines ... 38
4.2.2 Typen zu erstellender Szenarien (auf „R&R“-Grundlage oder manuell für Simulatoren) ... 38
4.2.3 Technische Dokumentation ... 39

5 Anforderungen für die Datenerfassung ... 43
5.1 Identifizierung der technischen Dokumentation ... 43
5.1.1 Allgemeines ... 43
5.1.2 Prüfplan ... 43
5.1.3 Technische Dokumentation zu Messgeräten ... 43
5.1.4 Validierung der Einsatzprüfung ... 43
5.2 Anforderungen für das Personal ... 44
5.3 Anforderungen für die Prüfplattform ... 45
5.3.1 Repräsentativität der Plattform ... 45
5.3.2 Installationsanforderungen ... 46
5.4 Anforderungen für RTMeS ... 47
5.4.1 Allgemeines ... 47
5.4.2 Typen von Daten ... 49
5.4.3 Anforderungen für Trägheitsnavigationssysteme ... 50
5.5 Anforderung für die Digitalisierung der GNSS-Signale ... 58
5.5.1 Allgemeines ... 58
5.5.2 IQ-Datenformat ... 58
5.5.3 Eigenschaften von Signaldigitalisierern ... 59
5.5.4 Installation von Signaldigitalisierern und HF-Komponenten ... 62
5.5.5 Wahl der Antenne ... 62
5.6 Anforderungen für GNSS-Konstellationssimulator ... 63
5.7 Anforderungen für GNSS-Bezugsgrößenempfänger ... 64
5.8 Anforderung für eingebettetes GBPT ... 65
5.9 Anforderungen für andere Sensoren ... 66

5.9.1 Allgemeines ... **66**
5.9.2 Anfangssensoren ... **66**
5.9.3 Optische Sensoren ... **67**
5.9.4 GNSS-Erweiterungs-/Korrekturdaten ... **68**
5.10 Anforderungen für Kontrollvideo ... **68**
6 Anforderungen für die Datenvalidierung ... **69**
6.1 Validierung der Einsatzprüfung ... **69**
6.2 Validierung der Daten für die Referenztrajektorie ... **70**
6.2.1 Allgemeines ... **70**
6.2.2 Validierung von GNSS-Daten ... **71**
6.2.3 Validierung von Trägheitsmessungen und hybridisierter Trajektorie ... **73**
6.2.4 Schätzung der Unsicherheiten ... **74**
6.3 Validierung digitalisierter GNSS-Signale ... **76**
6.3.1 Allgemeines ... **76**
6.3.2 Analyse der HF-Signalleistung ... **76**
6.3.3 Analyse von Einflüssen auf GNSS-Bezugsgrößenempfänger ... **79**
6.4 Validierung der Trägheitsmessungen von Sensoren ... **84**
6.5 Validierung von Korrekturdaten (NRTK, PPP…) ... **88**
6.5.1 Allgemeines ... **88**
6.5.2 Beispiel für die Validierung der NRTK-Korrektur ... **89**
6.6 Charakterisierung des Szenarios ... **91**
6.6.1 Allgemeines ... **91**
6.6.2 Dynamikanalyse ... **91**
6.6.3 Analyse von GNSS-Messungen ... **92**
Anhang A (informativ) Einfluss von Mehrfachkonstellationen auf RTK-Ergebnisse ... **96**
Anhang B (normativ) Validierung von PPK-Daten ... **100**
Anhang C (normativ) Validierung von Trägheitsmessungen und hybridisierten Trajektorien ... **104**
Anhang D (informativ) Wie Hebelarmfehler die endgültige Referenztrajektorie beeinflussen könnten ... **109**
Anhang E (normativ) Einfluss einer C/N0-Differenz auf die Verfügbarkeit von Messungen ... **113**
Anhang F (normativ) Beispiel für Szenariocharakterisierung ... **115**
Literaturhinweise ... **123**

Bilder

Bild 1 — Generische Funktionsarchitektur eines GNSS-basierten ITS-Systems für den Straßenverkehr [QUELLE: EN 16803-1:2020: *Raumfahrt — Anwendung von GNSS-basierter Ortung für Intelligente Transportsysteme (ITS) im Straßenverkehr — Teil 1: Definitionen und Systemtechnikverfahren für die Festlegung und Überprüfung von Leistungsdaten*] ... **11**

Bild 2 — Beispiel einer Prüftrajektorie für ein Referenzszenario [QUELLE: GPSTART2 project — WP1 — WP1 mit Raster von Géoportail — französischer IGN-Kartenanbieter] ... **24**

Bild 3 — Beispiel für den Prozess der Schätzung der Referenztrajektorie ... **29**

Bild 7 — Beispiel für RTMeS-Schemadarstellung ... **48**

Bild 8 — Plan der GNSS-Signale (https://gssc.esa.int/navipedia/images/f/f6/GNSS_navigational_frequency_bands.png) ... **51**

Bild 9 — Theoretische Verbesserung für „Vorwärts-Rückwärts"-Algorithmus ... **56**

Bild 10 — Hybridisierte Trajektorie mit und ohne „Vorwärts-Rückwärts“-Algorithmus [QUELLE: GPSTART2 project — WP1 mit Raster von Géoportail — französischer IGN-Kartenanbieter] 57

Bild 11 — Quantisierungsdifferenzen zwischen 2 Bit und 3 Bit [QUELLE: GPSTART2 project — WP1] 58

Bild 12 — Beispiel für einen durch Metadaten-Standardisierung ermöglichten SDR-Datenaustausch [QUELLE: https://navi.ion.org/content/navi/68/1/11.full.pdf] 59

Bild 13 — Plan der GNSS-Signale [QUELLE: https://gssc.esa.int/navipedia/images/f/f6/GNSS_navigational_frequency_bands.png] 60

Bild 14 — Signalspektrum-Webschnittstelle für Signaldigitalisierer Saphyrion [QUELLE: GPSTART2 project — WP1] 61

Bild 15 — Beispiel für die Installation eines GNSS-Signaldigitalisierers [QUELLE: GPSTART2 project — WP1] 62

Bild 16 — Trägheitsmessungen in drei Achsen [QUELLE: GPSTART2 project — WP1 und GPSTART2 project — WP1] 67

Bild 17 — Vergleich zwischen Bildern von Fisheye- und Vorwärts-Kamera [QUELLE: GPSTART2 project — WP1] 69

Bild 18 — Vergleich zwischen PPK mit genauer Position der Basis und Basiskoordinaten mit Fehler von 1 m [QUELLE: GPSTART2 project — WP1 mit Raster von Géoportail — französischer IGN-Kartenanbieter] 72

Bild 19 — Beispiel für Übereinstimmung zwischen GNSS-PVT und hybridisierter Trajektorie [QUELLE: GPSTART2 Projekt — WP1 mit Raster von Géoportail — französischer IGN-Kartenanbieter] 73

Bild 20 — Beispiel für Unsicherheiten von Referenztrajektorien unter Verwendung von GNSS und IMU [QUELLE: GPSTART2 project — WP1] 75

Bild 21 — HF-Schemadarstellung für Einsatzprüfung für Szenarien UTS ID G und I [QUELLE: GPSTART2 project — WP1] 76

Bild 22 — Spektralanalyse wiedergegebener Signale für das Szenario UTS ID G [QUELLE: GPSTART2 project — WP1] 77

Bild 23 — Referenzpegel digitalisierter GNSS-Signale 78

Bild 24 — C/N0-Vergleich von GNSS-Signalen im L1-Band für Satelliten mit großer Elevation [QUELLE: GPSTART2 project — WP1] 80

Bild 25 — Pseudostreckendifferenz zwischen Einsatzprüfung und wiedergegebenen Signalen auf L1-Signalen [QUELLE: GPSTART2 project — WP1] 82

Bild 26 — Pseudostreckendifferenz zwischen Einsatzprüfung und wiedergegebenen Signalen auf L2/L5-Signalen [QUELLE: GPSTART2 project — WP1] 83

Bild 27 — Beispiel für IMU-Sensorinstallation 85

Bild 28 — Validierung von Trägheitsmessungen (Beschleunigungen) durch Vergleich mit Referenz-IMU [QUELLE: GPSTART2 project — WP1] 86

Bild 29 — Validierung von Trägheitsmessungen (Beschleunigungen) durch Vergleich mit Referenz-IMU (Vergrößerung bis auf einige Epochen) [QUELLE: GPSTART2 project — WP1] 87

Bild 30 — Kreuzkorrelationsanalyse für Trägheitsmessungen [QUELLE: GPSTART2 project — WP1] 88

Bild 31 — Beispiel für die Digitalisierung/Protokollierung von NRTK- und GNSS-Daten [QUELLE: GPSTART2 project — WP1] 90

Bild 32 — Beispiel einer GNSS- und NRTK-Korrekturwiedergabe im Laboratorium [QUELLE: GPSTART2 project — WP1] 90

Bild A.1 — Prüfszenario für die Bewertung von Mehrfachkonstellationen auf PPK [QUELLE: GPSTART2 project — WP1 mit Raster von Géoportail — französischer IGN-Kartenanbieter] 96

Bild A.2 — PPK-Ergebnisse des Paris-Szenarios mit Einzel- und Mehrfachkonstellationen [QUELLE: GPSTART2 project — WP1] 97

Bild A.3 — Stadtgebiet für das Paris-Szenario der PPK-Bewertung 98

Bild A.4 — PPK-Ergebnisse des Stadtgebiets mit Einzel- und Mehrfachkonstellationen [QUELLE: GPSTART2 project — WP1] 98

Bild A.5 — Unsicherheiten von Referenztrajektorien für verschiedene PPK [QUELLE: GPSTART2 project — WP1] 99

Bild B.1 — Liste von Korrekturnachrichten in der Datei nach PPK [QUELLE: GPSTART2 project — WP1] 100

Bild B.2 — Anzahl in der PVT verwendeter Satelliten gegenüber Satelliten auf der Strecke [QUELLE: GPSTART2 project — WP1] 101

Bild B.3 — PVT-Unsicherheiten und Verfügbarkeit von PVT-Betriebsarten [QUELLE: GPSTART2 project — WP1] 101

Bild B.4 — Für die PPK-Validierung verwendete Referenzstation [QUELLE: GPSTART2 project — WP1] 102

Bild B.5 — Breitengrad-, Längengrad- und Höhenfehler unter PPK, die verschiedene Referenzstationen verwenden [QUELLE: GPSTART2 project — WP1] 103

Bild C.1 — Periodizität von Trägheitsmessungen auf Referenz-Trägheitsnavigationseinheit [QUELLE: GPSTART2 project — WP1] 104

Bild C.2 — Übereinstimmung zwischen RTK Fix- und Positionen der hybridisierten Trajektorie [QUELLE: GPSTART2 project — WP1] 105

Bild C.3 — Referenztrajektorie und GNSS-Trajektorie in einer Stadtumgebung [QUELLE: GPSTART2 project — WP1] 106

Bild C.4 — Vorwärtskamera am Prüffahrzeug, ausgerichtet an der Antenne in Vorwärtsrichtung [QUELLE: GPSTART2 project — WP1] 107

Bild C.5 — Zweckdienliche Sicht mit Verwendung von Karten [QUELLE: GPSTART2 project — WP1] 108

Bild D.1 — Einfluss von 2-cm-Fehlern der Hebelarme auf die Unsicherheiten der endgültigen Trajektorie [QUELLE: GPSTART2 project — WP1]....111

Bild D.2 — Einfluss von 1-m-Fehlern der Hebelarme auf die Unsicherheiten der endgültigen Trajektorie [QUELLE: GPSTART2 project — WP1]....111

Bild D.3 — Endgültige Unsicherheiten der Referenztrajektorie [QUELLE: GPSTART2 project — WP1]....112

Bild F.1 — Vergleich der Geschwindigkeitsprofile der Szenarien [QUELLE: GPSTART2 project — WP1]....115

Bild F.2 — Vergleich der Richtungsprofile der Szenarien [QUELLE: GPSTART2 project — WP1] 116

Bild F.3 — Vergleich der Höhenprofile der Szenarien [QUELLE: GPSTART2 project — WP1]....116

Bild F.4 — C/N0-Analyse für Szenario UTS ID G für Satelliten mit großer, mittlerer und kleiner Elevation [QUELLE: GPSTART2 project — WP1]....117

Bild F.5 — C/N0-Analyse für Szenario UTS ID I für Satelliten mit großer, mittlerer und kleiner Elevation [QUELLE: GPSTART2 project — WP1]....118

Bild F.6 — Residuen für Elevationswinkelgruppe im Szenario UTS ID I (Stadtzentrum) [QUELLE: GPSTART2 project — WP1] 120

Bild F.7 — Residuen für Elevationswinkelgruppe im Szenario UTS ID I (ländlich) [QUELLE: GPSTART2 project — WP1] 121

Bild F.8 — Residuen (Effektivwert) in den zwei UTS-Szenarien G und I [QUELLE: GPSTART2 project — WP1] 122

Tabellen

Tabelle 1 — Tabellarisches Beispiel einer Messgeräteliste.... 23

Tabelle 2 — Beispiel für ein unitäres Prüfszenario (UTS).... 25

Tabelle 3 — Beispiel für Rolle von Personal.... 27

Tabelle 4 — Beispielliste von RTMeS-Messgeräten und Software.... 27

Tabelle 5 — Beispiel für Liste der Messgeräteausstattung.... 30

Tabelle 6 — Beispiel für die Identifizierung von GBPT-Klassen.... 33

Tabelle 7 — Beispiel für Leistungsmetrikentabelle.... 34

Tabelle 8 — Beispiel für Einzelheiten zu simulierten GNSS-Daten.... 40

Tabelle 9 — Beispiel für Anforderungen für Kompetenzen.... 45

Tabelle 10 — Beispiel für Leistungsdaten von High-End-IMU während Ausfällen.... 53

Tabelle 11 — Anforderungen für IMU-Leistungsdaten.... 54

Tabelle 12 — Beispiel für die GBPT-Identifizierung.... 66

Tabelle 13 — Beispiel für die Verstärkung verschiedener Messgeräte 77

Tabelle 14 — Methodiken für die Validierung von (N)RTK- oder PPP-Korrekturen 89

Tabelle 15 — UTS-ID-Szenarios, erwartete Bedingungen für Klassifizierung 91

Tabelle 16 — Erwartetes Verhalten von GNSS-Messungen für verschiedene Umgebungen 93

Tabelle 17 — Grenzwerte der C/N0-Metrik nach Umgebung 94

Tabelle 18 — Grenzwerte der Residuen-Metrik nach Umgebung 95

Tabelle C.1 — Mittelwert und Standardabweichung des absoluten Fehlers 105

Tabelle E.1 — Analyse der C/N0-Dämpfung und Verfügbarkeit von Messungen von Satelliten mit verschiedener Elevation für Umgebung mit freiem Himmel 113

Tabelle E.2 — Analyse der C/N0-Dämpfung und Verfügbarkeit von Messungen von Satelliten mit verschiedener Elevation für städtische Umgebung 114

Tabelle F.1 — Zusammenfassung der Analyse 116

Tabelle F.2 — Mittlere und größte Standardabweichung von C/N0 für jedes Elevationswinkel-Intervall 119

Tabelle F.3 — C/N0-Verfügbarkeit nach Elevationswinkelintervall 119