

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 Testscenarien; 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: <i>Raumfahrt — Anwendung von GNSS-basierter Ortung für Intelligente Transportsysteme (ITS) im Straßenverkehr — Teil 1: Definitionen und Systemtechnikverfahren für die Festlegung und Überprüfung von Leistungsdaten</i>]	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 Prüfzenario (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