

DIN EN 16803-1

ICS 33.060.30; 35.240.60

Einsprüche bis 2019-07-10
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 16803-1:2016-12

Entwurf**Raumfahrt –****Anwendung von GNSS-basierter Ortung für Intelligente****Transportsysteme (ITS) im Straßenverkehr –****Teil 1: Definitionen und Systemtechnikverfahren für die Festlegung und Überprüfung von Leistungsdaten;****Deutsche und Englische Fassung prEN 16803-1:2019**

Space –

Use of GNSS-based positioning for road Intelligent Transport Systems (ITS) –

Part 1: Definitions and system engineering procedures for the establishment and assessment of performances;

German and English version prEN 16803-1:2019

Espace –

Utilisation de la localisation basée sur les GNSS pour les systèmes de transport routiers intelligents –

Partie 1: Définitions et procédure d'ingénierie système pour l'établissement et la vérification des performances;

Version allemande et anglaise prEN 16803-1:2019

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2019-05-10 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm 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, Saatwinkler Damm 42/43, 13627 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 112 Seiten

DIN-Normenausschuss Luft- und Raumfahrt (NL)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 16803-1:2019) wurde vom Technischen Komitee CEN/CLC/JTC 5 „Raumfahrt“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige nationale Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 131-06-02 AA „Interoperabilität von Informations-, Kommunikations- und Navigationssystemen“ 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.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 16803-1:2016-12 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Abschnitt 2 hinzugefügt;
- b) Aktualisierung der Begriffe;
- c) Tabelle 4 hinzugefügt;
- d) Abschnitt 6 überarbeitet;
- e) Anhang A überarbeitet;
- f) Anpassung an die aktuellen Gestaltungsregeln.

Raumfahrt — Anwendung von GNSS-basierter Ortung für Intelligente Transportsysteme im Straßenverkehr — Teil 1: Definitionen und Systemtechnikverfahren für die Festlegung und Überprüfung von Leistungsdaten

Espace — Utilisation de la localisation basée sur les GNSS pour les systèmes de transport routiers intelligents — Partie 1 : Définitions et procédure d'ingénierie système pour l'établissement et la vérification des performances

Space — Use of GNSS-based positioning for road Intelligent Transport Systems (ITS) — Part 1: Definitions and system engineering procedures for the establishment and assessment of performances

ICS:

Deskriptoren

Dokument-Typ: Europäische Norm

Dokument-Untertyp:

Dokument-Stage: CEN-Umfrage

Dokument-Sprache: D

STD Version 2.9p

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort.....	3
Einleitung	4
1 Anwendungsbereich.....	8
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe und Abkürzungen	8
3.1 Allgemeine Begriffe	8
3.2 Spezifische Begriffe	10
3.3 Abkürzungen	15
4 Beschreibung der generischen Architektur eines GNSS-basierten ITS für den Straßenverkehr	15
4.1 Generische Architektur	15
4.2 Komponenten	16
5 Definition der Leistungsmetriken für Ortungsendgeräte.....	18
5.1 Allgemeines.....	18
5.2 Ausgaben des Ortungsendgerätes	18
5.3 Eingaben für die Leistungscharakterisierung	20
5.4 Leistungsmerkmale	20
5.5 Leistungsmetriken.....	21
5.6 Einführung in die Leistungsanforderungen	32
6 Einsatzszenarien	35
6.1 Begriffsbestimmung	35
6.2 Klassifizierung und Charakterisierung von GNSS-Umgebungen	37
7 Sensitivitätsanalyse.....	41
7.1 Allgemeines.....	41
7.2 Vorstellung des Verfahrens	42
8 PVT-Fehlermodelle.....	46
8.1 Allgemeines.....	46
8.2 Verschiedene Typen von Fehlermodellen.....	47
8.3 Konformitätsbeurteilung von PVT-Fehlermodellen.....	47
Anhang A (informativ) Begründung der Metriken für die Ortungsleistung.....	49
A.1 Allgemeines.....	49
A.2 Leistungsmetriken.....	49
Literaturhinweise	56

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 16803-1:2019) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC/JTC 5 „Raumfahrt“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 16803-1:2016 ersetzen.

Dieses Dokument wurde im Rahmen eines Mandats erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone CEN erteilt haben.

Diese Überarbeitung von EN 16803-1 wurde aktualisiert, um die nachfolgenden Teile — Teil 2 und Teil 3 der Europäischen Norm — richtig verstehen zu können. Einige Konzepte und Metriken, die nicht gleich bei der ersten Erarbeitung der EN 16803-1 definiert wurden, mussten definitiv an den aktuellen Erarbeitungsstand der Normungsgruppe CEN/TC 5/WG 1 angepasst werden. Die globale Architektur wurde nicht geändert, d. h. das Inhaltsverzeichnis ist erhalten geblieben. Zu den Neuerungen gehört die Einleitung, in der der LBS- und ITS-Markt beschrieben wird, auf den diese Europäische Normenreihe ausgerichtet ist. Das GNSS-basierte Ortungsendgerät (GBPT) wird an späterer Stelle im Dokument eingeführt, um das Konzept des „Ortungssystems“ entwickeln und in die neue Gruppe von ITS-Anwendungen, wie das autonome Fahren, einschließen zu können. Der Abschnitt „Begriffe“ enthält jetzt einige neue Einträge, wie „Record & Replay“ und „Referenzmaterial“. Es wurde eine neue Metrik eingeführt: die Kontinuitätsmetrik, die sich von der Verfügbarkeitsmetrik leicht unterscheidet und dabei helfen könnte, zu definieren, wie kontinuierlich ein Dienst sein sollte. In dieser Überarbeitung wird auch die Definition der TTFF-Zeit vorgeschlagen. Durch die Verwendung der neuen Benennungen „langfristig“/„mittelfristig“/„kurzfristig“ sollte sie dabei helfen, eine gemeinsame Vorstellung davon zu entwickeln, was ein Heiß-/Kaltstart bedeuten sollte. Das Konzept der Leistungsklassen wurde auch weiterentwickelt und der neue Unterabschnitt „Einführung in die Leistungsanforderungen“ hinzugefügt. Und schließlich wurde das Konzept der Sensitivitätsanalyse dahingehend erweitert bzw. angepasst, dass die Integritätsüberprüfung mit abgedeckt ist.

EN 16803, *Raumfahrt — Anwendung von GNSS-basierter Ortung für Intelligente Transportsysteme (ITS) im Straßenverkehr* besteht aus den folgenden Teilen:

- Teil 1: Definitionen und Systemtechnikverfahren für die Festlegung und Überprüfung von Leistungsdaten;
- Teil 2: Bestimmung der grundlegenden Leistungen von GNSS-basierten Ortungsendgeräten;
- Teil 3: Überprüfung der sicheren Leistungen von GNSS-basierten Ortungsendgeräten.

Einleitung

Die zivilen Anwendungen der Geo-Ortung erfahren derzeit eine sprunghafte Entwicklung. Die aktuellste Marktanalyse bezüglich Globalen Navigationssatellitensystemen (GNSS) zeigt zwei Hauptanwendungsgebiete auf, die zusammengenommen praktisch den gesamten Markt unter sich aufteilen:

- intelligente Transportsysteme (ITS), überwiegend im Bereich der ITS für den Straßenverkehr;
- standortbezogene Dienste (LBS), zugänglich auf Smartphones und Tablets.

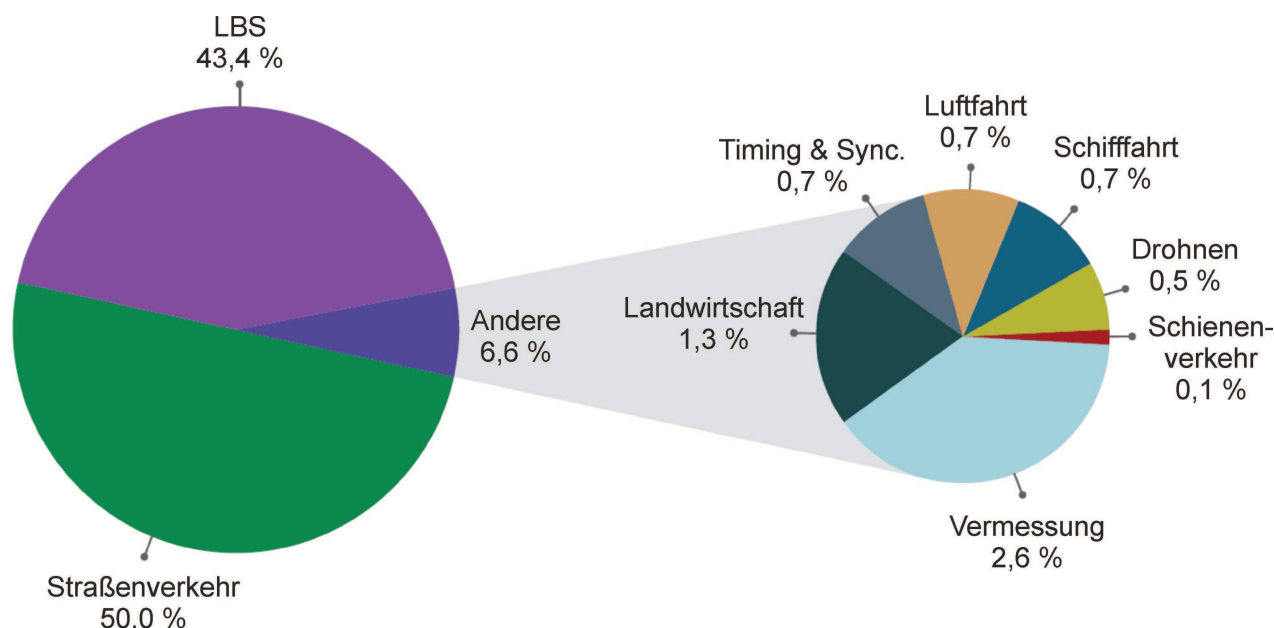


Bild 1 — Kumulierte Umsätze 2015–2025 nach Segment (Quelle: GNSS-Marktbericht, Ausgabe 5, Copyright © Agentur für das Europäische GNSS, 2017)

Wenn ein *ITS für den Straßenverkehr* GNSS-Ortung erfordert, was bei den meisten dieser Systemen der Fall ist, stellt sich die Frage nach der Auswahl des Endgerätetyps und seiner mindestens erforderlichen Leistungsfähigkeiten, um den endgültigen Systemanforderungen auf Nutzerebene zu entsprechen. Um diese Anforderungen erfüllen zu können, beinhaltet das System ein datenverarbeitendes Modul, welches als *ITS-Anwendung für den Straßenverkehr* bezeichnet wird und die Ausgaben (PVT = Position — Geschwindigkeit — Zeit) eines *Ortungssystems* verwendet, um den Dienst mit einer bestimmten *End-zu-End-Leistung* bereitzustellen. Diese hängt folglich von der Qualität der Ortungsausgaben ab, die je nach Systembetriebsbedingungen, aber auch in Abhängigkeit von der Leistung der *ITS-Anwendung für den Straßenverkehr* selbst, in hohem Maße variieren kann.

Bild 2 zeigt die Einteilung von *ITS für den Straßenverkehr* in die zwei Hauptkomponenten.

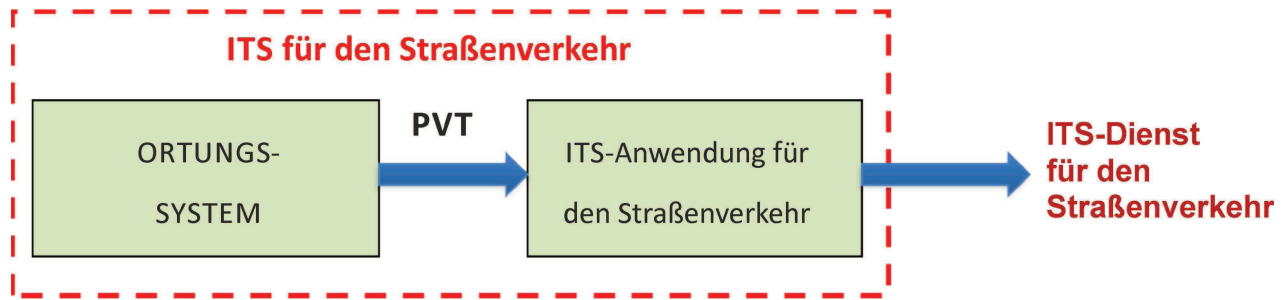


Bild 2 — Die zwei Hauptkomponenten eines ITS für den Straßenverkehr

Die hiervon hauptsächlich betroffenen *Intelligenten Transportsysteme für den Straßenverkehr* sind:

- autonomes Fahren;
- GNSS-basierte Nutzungsgebührensyste für den Straßenverkehr (Straßen, Parkplätze, Stadtgebiete, usw.);
- lokalisierte Notrufe (eCall-Systeme);
- elektronische Fahrtenschreiber;
- Taxameter;
- Systeme für regulierten Güterverkehr (Gefahrstoffe, Viehtransport, usw.);
- Versicherungen nach dem „Pay-as-you-drive“-Prinzip;
- Verkehrsleitsysteme, Verkehrsinformationssysteme;
- Fahrerassistenzsysteme (FAS);
- usw.

Manche *ITS für den Straßenverkehr* werden als „sicherheitskritische Systeme“ angesehen, da ihr Versagen zu Todesfällen oder Verletzungen führen kann; andere sind „kritisch bezüglich der Haftung“, da sie finanzielle und behördliche Aspekte einschließen. In manchen Fällen steht ihre Entwicklung in Abhängigkeit von einem offiziellen Zertifizierungs-/Zulassungsprozess.

Insbesondere bei diesen Systemen besteht die starke Notwendigkeit, beweisen zu können, dass sie die Anforderungen an ihre *End-zu-End-Leistung* hinsichtlich der Ortung tatsächlich erfüllen. Allerdings ist derzeit keine Norm vorhanden, die einen solchen Zertifizierungsprozess unterstützt.

Der in dieser Europäischen Norm vorgeschlagene Ansatz zum Leistungsmanagement beruht auf einem klassischen Systemtechnikverfahren und stellt eine Unterstützung für Ingenieure dar, die vor der Problemstellung der Handhabung von Leistungen eines *ortungsbezogenen ITS für den Straßenverkehr* während der gesamten Systementwicklung stehen.

Dieser Ansatz zum Gesamtleistungsmanagement kann wie folgt zusammengefasst werden:

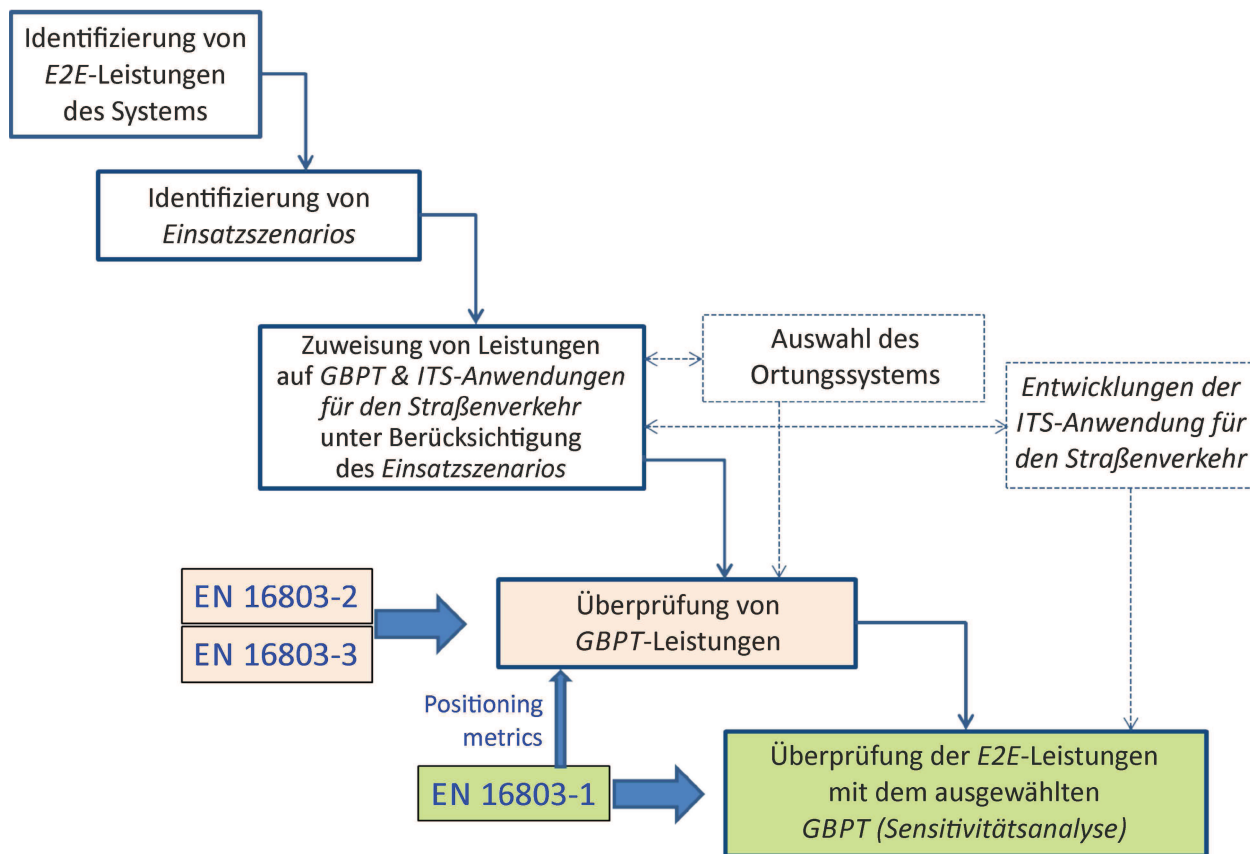


Bild 3 — Logik des Ansatzes zum Gesamtleistungsmanagement

Der Ausgangspunkt eines jeden Leistungsmanagements von *ortungsbezogenen ITS für den Straßenverkehr* **sollte** in der Definition und eindeutigen Darlegung der *End-zu-End-Leistungen* bestehen, die durch das gemäß Kundenangaben zu konstruierende und/oder zu prüfende System zu erfüllen sind.

Im Rahmen der vorliegenden Europäischen Norm entspricht die Aufteilung des Systems in Komponenten der oben beschriebenen Aufteilung:

- Ortungssystem;
- die ITS-Anwendung für den Straßenverkehr.

Als Schnittstelle zwischen diesen beiden Komponenten wird die *PVT-Information* vorausgesetzt, zusammen mit weiteren Hilfsinformationen, wie z. B. Informationen bezüglich der *Integrität* bei *Ortungssystemen*, welche die Bereitstellung solcher Merkmale unterstützen.

Leistungsanforderungen werden im Allgemeinen als Anforderungen an die Ausgaben einer bestimmten Systemkomponente festgesetzt, unter der Voraussetzung, dass die anderen Komponenten, die diese Komponente mit Eingabeinformationen versorgen, ihre eigenen Leistungsanforderungen erfüllen.

Demzufolge **sollte** eine Leistungszuweisung der *E2E-Leistungen* zwischen den Systemkomponenten nach dem unten stehenden Gesamtschema erfolgen:

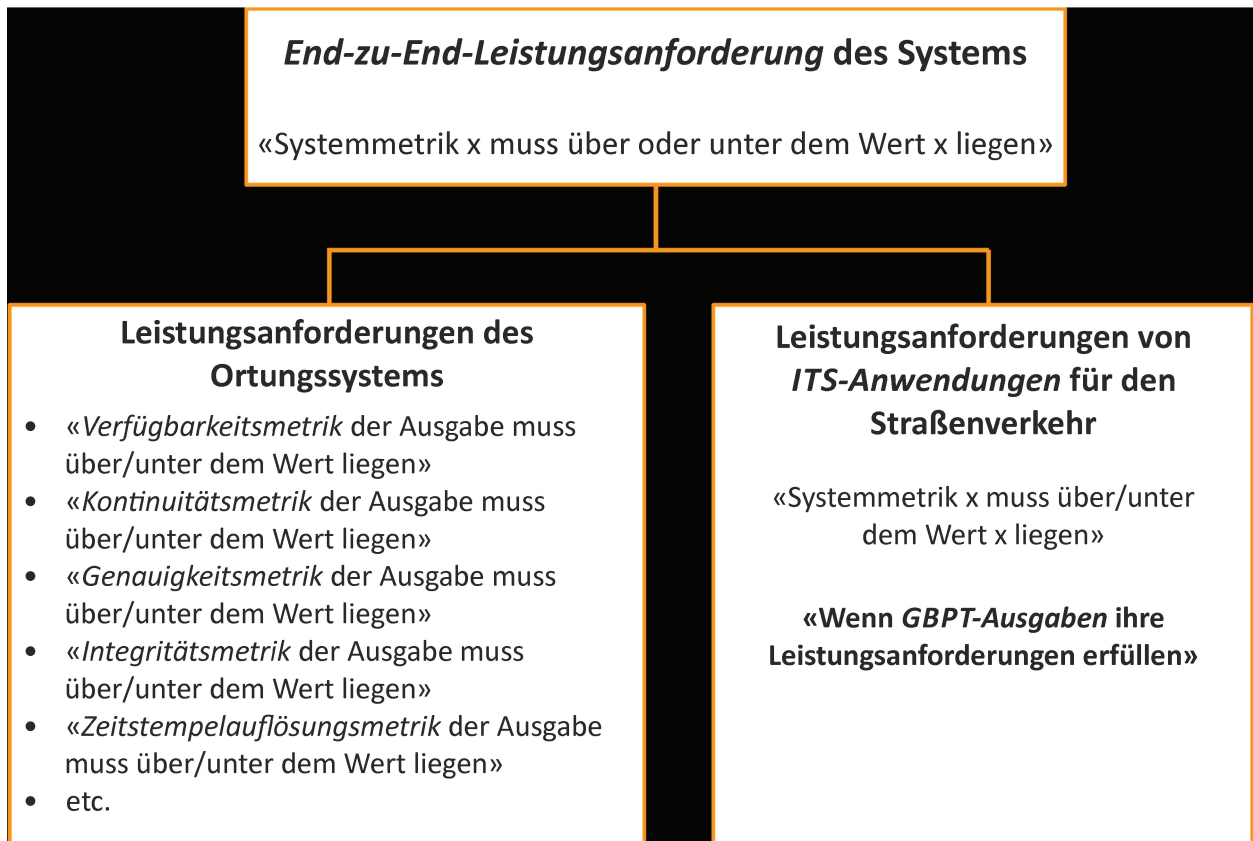


Bild 4 — Generisches Verfahren der Leistungszuweisung

Die Leistungsanforderungen an die *ITS-Anwendung für den Straßenverkehr* stimmen mit den *End-zu-End-Leistungsanforderungen* des Systems überein, jedoch nur unter der Bedingung, dass das *Ortungssystem* bestimmte Leistungsanforderungen respektiert.

ANMERKUNG Abhängig von der Anwendung kann es sein, dass die Leistungsanforderungen nur der Positionsausgabe oder nur der Geschwindigkeitsausgabe durch das *Ortungssystem* auferlegt werden müssen.

Aufgrund der Besonderheiten von GNSS-Leistungen, deren Festlegung statistisch erfolgen muss und die in hohem Maße von den Einsatzbedingungen abhängig sind, sollten Fehlerspielräume bei den Leistungszuweisungen eingeplant werden, damit das System auch dann seine Leistungsanforderungen erfüllen kann, wenn eine der Komponenten unter gewissen Umständen seine eigenen Anforderungen nicht erfüllt. Das ist das Ziel der sogenannten Sensitivitätsanalyse.

1 Anwendungsbereich

EN 16803-1 behandelt die Endstufe des Ansatzes zum Leistungsmanagement, d. h. die Überprüfung der Leistung des gesamten mit einem bestimmten *Ortungssystem* ausgestatteten *ITS für den Straßenverkehr* unter Anwendung der *Sensitivitätsanalysemethode*.

EN 16803-1 hat die Identifikation und Definition der für die Überprüfung des Ortungssystems benötigten Ortungsleistungsmerkmale und Metriken zum Gegenstand.

Dieses Dokument gibt Definitionen für verschiedene Betrachtungseinheiten, die bei der Festlegung eines *Einsatzszenarios* zu beachten sind, und stellt eine Methode zum präzisen Vergleichen zweier Umgebungen unter Berücksichtigung ihrer Auswirkungen auf die GNSS-Ortungsleistung zur Verfügung.

Dieses Dokument stellt Definitionen der wichtigsten in diesem Dokument genannten Begriffe auf und beschreibt die Architektur eines GNSS-basierten *ITS für den Straßenverkehr* für die in dieser Norm vorgesehenen Zwecke.

Dieses Dokument behandelt **nicht**:

- die Leistungsmetriken, die zur Definition der Leistungsanforderungen des *ITS für den Straßenverkehr* verwendet werden; diese hängen stark vom Anwendungsfall und dem Wunsch des Systembesitzers ab;
- die Leistungsanforderungen der verschiedenen Arten von *ITS für den Straßenverkehr*;
- die notwendigen Prüfungen zur Leistungsüberprüfung des Ortungssystems (Record-and-Replay-Prüfungen für diesen Zweck werden in den Dokumenten EN 16803-2¹ und EN 16803-3² behandelt).

2 Normative Verweisungen

Es gibt keine normativen Verweisungen in diesem Dokument.

3 Begriffe und Abkürzungen

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1 Allgemeine Begriffe

3.1.1

digitale Karte

digitale Beschreibung des Straßennetzes und einer bestimmten Anzahl von Attributen, die den Elementen dieses Netzes zugewiesen sind

Anmerkung 1 zum Begriff: Nimmt die Form einer georeferenzierten Datenbank auf Datenverarbeitungsebene an.

3.1.2

Epoche

Zeit, zu der eine GNSS-Messung gemacht wird

1 Derzeit zur Umfrage vorgelegt.

2 Derzeit zur Umfrage vorgelegt.

3.1.3

GNSS

(en: Global Navigation Satellite Systems)

globales Navigationssatellitensystem

allgemeine Abkürzung für Satellitennavigationssysteme

3.1.4

GPS

(en: Global Positioning System)

globales Positionsbestimmungssystem

amerikanisches Navstar-GPS-Satellitennavigationssystem

3.1.5

ITS

(en: Intelligent Transport Systems)

Intelligente Transportsysteme

Systeme, die Informations-, Kommunikations- und Ortungstechnologien auf den Transportbereich anwenden

3.1.6

Navigation

Vorgang des Leitens eines Fahrzeugs oder Fußgängers an einen bestimmten Zielort, durch Berechnung der optimalen Trajektorie und durch Führung in Bezug auf diese Trajektorie und ihre Echtzeit-Position

3.1.7

Navigationsnachricht

zur Positionsbestimmung erforderliche Daten, die durch die GNSS-Satelliten übertragen werden

3.1.8

Leistung

allgemeine Charakterisierung der durch ein System bereitgestellten Dienstgüte

Anmerkung 1 zum Begriff: Im Allgemeinen setzt sich die Leistungsfähigkeit aus mehreren bestimmten Leistungsmerkmalen bestimmter Systemausgaben zusammen und wird unter Verwendung bestimmter Metriken gemessen.

3.1.9

Leistungsklasse

für eine bestimmte Leistungsmetrik durch zwei Grenzen eingegrenzter Bereich

3.1.10

Leistungsmerkmal

bestimmte Eigenschaft zur Qualifizierung und Quantifizierung des durch ein System bereitgestellten Dienstes

BEISPIEL *Genauigkeit in einem Ortungssystem.*

3.1.11

Leistungsmetrik

genaue Definition der Bemessungsmittel eines bestimmten Leistungsmerkmals einer bestimmten Systemausgabe

BEISPIEL Eine *Genauigkeitsmetrik* kann der Mittelwert einer Fehlerprobe sein, die während einer bestimmten Prüfung nach einem festgelegten Protokoll erhalten wurde.

3.1.12

Ortung

Vorgang der Ortsbestimmung eines mobilen Objektes oder einer Person

3.1.13

Pseudostrecke

vom GNSS-Empfänger durchgeführte Messung der Entfernung zwischen Satellitenantenne und Empfängerantenne, die systematisch durch den Fehler aufgrund der Differenz zwischen Satellitenuhr und Empfängeruhr beeinflusst wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Gehört in die Kategorie der *Rohdatenmessungen*.

3.1.14

RM

Referenzmaterial

Material, das im Hinblick auf festgelegte Eigenschaften ausreichend homogen und stabil ist und hergestellt wurde, um für dessen vorgesehene Verwendung in einer Messung oder Untersuchung von Nominaleigenschaften geeignet zu sein

[QUELLE: Internationales Wörterbuch der Metrologie — Grundlegende und allgemeine Begriffe und zugeordnete Benennungen (VIM)]

BEISPIEL

- Referenztrajektorie (oder Bodenverifikation);
- Datensatz zum ausgewählten Prüfzenario.

3.1.15

SBAS

(en: Satellite Based Augmentation System)

satellitengestütztes Erweiterungssystem

regionales Erweiterungssystem von vollständigen Systemen

BEISPIEL GPS WAAS, EGNOS, QZSS MSAS und GLONASS SDCM sind Beispiele für regionale Erweiterungssysteme.

3.1.16

Trajektorie

Reihe von mit einem Zeitstempel versehenen Positionen (und möglicherweise Geschwindigkeiten) eines mobilen Objekts

3.1.17

Zeitstempelauflösung

Größe der kleinsten Zeitspanne, die zu unterschiedlichen aufeinanderfolgenden Zeitstempeln führen würde

Anmerkung 1 zum Begriff: Sie kann als Wert des niedrigstwertigen Bits innerhalb des Wortes zur Zeitstempel-Codierung verstanden werden.

3.2 Spezifische Begriffe

3.2.1

Anwendungsgröße

durch die *ITS-Anwendung für den Straßenverkehr* erzeugte Messgröße, aus der eine *End-zu-End-Leistung* berechnet werden kann

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Messgröße wird normalerweise von einer Reihe von Positionen (und/oder Geschwindigkeiten), die durch das *Ortungssystem* erzeugt werden, abgeleitet.

BEISPIEL Die Anwesenheitsdauer eines Fahrzeugs innerhalb eines bestimmten Gebietes ist die *Anwendungsgröße* für eine *Geofencing*-Anwendung.

3.2.2

assistiertes GNSS

Technik, bei der die Positionsberechnung unterstützt wird, indem dem GNSS-Endgerät durch ein Telekommunikationssystem teilweise oder vollständige Navigationsdaten bereitgestellt werden, wie sie durch das von Satelliten übermittelte GNSS-Signal übertragen werden

Anmerkung 1 zum Begriff: Durch diese Technik wird die *TTFF-Zeit* verringert und die Empfindlichkeitsschwelle für die Datenerfassung herabgesetzt.

3.2.3

GNSS-Bezugsgrößenempfänger

standardmäßiger, kostengünstiger und hoch sensibler GNSS-Empfänger, der in der Lage ist, Pseudostreckenmessungen bereitzustellen

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Art von Empfänger wird in diesem Dokument als ein Bezugsgrößensensor der Umgebungsbeeinträchtigungen angegeben, welche die GNSS-Signalausbreitung für einen genauen Vergleich von Umgebungen untereinander beeinflussen.

3.2.4

E2E-Leistung End-zu-End-Leistung

Leistungsfähigkeit des durch das *ITS für den Straßenverkehr* bereitgestellten Dienstes

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Messung der *E2E-Leistung* wird durch Anwendung einer Leistungsmetrik auf eine *Anwendungsgröße* durchgeführt.

BEISPIEL Für ein Taxameter ist die Genauigkeit der zurückgelegten Strecke eine *E2E-Leistung*.

3.2.5

Geofencing

Funktion zur Anwesenheitsbestimmung bestimmter Personen oder bestimmter sich bewegender Objekte innerhalb eines bestimmten geographischen Bereichs

Anmerkung 1 zum Begriff: Dieser Bereich kann verschiedenartig definiert sein.

3.2.6

Geo-Objekt

geographische Einheit in Form eines virtuellen Polygons, das einen Ort von Interesse umschließt oder einen Bereich von Interesse begrenzt

3.2.7

Integrität

allgemeines Leistungsmerkmal, das sich auf das Maß an Zuverlässigkeit bezieht, auf das der Nutzer bei einem ausgegebenen Wert einer bestimmten *Positions-* oder *Geschwindigkeitskomponente* vertrauen kann

Anmerkung 1 zum Begriff: Dieses Merkmal wird durch zwei Größen wiedergegeben: den *Protection Level* und das damit verbundene *Integritätsrisiko*.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die in diesem Dokument verwendete Definition von Integrität basiert auf der Definition des gleichen Begriffs für die Gemeinschaft der Zivilluftfahrt, ist jedoch deutlich einfacher gehalten.

Anmerkung 3 zum Begriff: Für andere Bereiche als die GNSS-Ortung kann *Integrität* eine andere Definition haben.

3.2.8

Integritätsrisiko

IR

Wahrscheinlichkeit, dass, bei *Ortungsendgeräten*, die einen *Protection Level* als integritätsbezogene Größe bereitstellen, der tatsächliche Fehler bei einer gegebenen Ausgabekomponente den damit verbundenen *Protection Level* überschreitet

3.2.9

Rate irreführender Informationen

MIR

beobachtete Rate bei *Ortungsendgeräten*, die einen *Protection Level* als integritätsbezogene Größe bereitstellen, bei der der tatsächliche Fehler bei einer gegebenen Ausgabekomponente den damit verbundenen *Protection Level* überschreitet

Anmerkung 1 zum Begriff: Die MIR unterscheidet sich von der IR insofern, dass es sich bei der MIR um eine rein empirische Größe handelt (die z.B. auf Beobachtungen beruht, die bei Einsatzprüfungen gemacht wurden), währenddessen die Bestimmung der IR auch eine vollständige und rationale Analyse des Systementwurfs, seiner möglichen Schwächen, Bedrohungen usw. (RAMS-Analyse) einschließt. Die MIR ist eine empirische erste Annäherung an die IR und hat in der Regel einen optimistischen Wert.

3.2.10

Map-Matching

verarbeitender Vorgang, bei dem die Position des mobilen Objekts auf einer Kartendarstellung des Straßennetzes bestimmt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Erfordert eine digitale Karte.

3.2.11

Einsatzszenario

Beschreibung der Bedingungen, unter denen das *GNSS-basierte ITS für den Straßenverkehr* arbeitet, und die sich im Besonderen auf das *GNSS-basierte Ortungsendgerät* auswirken

3.2.12

Position

Standort des Ortungsendgerätes oder, konkreter ausgedrückt, der Standort einiger daran angebrachter Referenzpunkte, wie z. B. das Phasenzentrum der Antenne

3.2.13

Ortungssystem

Satz von Hardware- und Software-Komponenten, die sich an verschiedenen Orten befinden können, aber miteinander verbunden sind, und zur Berechnung von Position, Geschwindigkeit und dazugehörigem Zeitstempel eines mobilen Objekts beitragen

3.2.14

Ortungsendgerät

durch ein Fahrzeug oder eine Person mitgeführtes Gerät (Geräteeinheit), das einer *ITS-Anwendung für den Straßenverkehr* eine Positionslösung liefert

Anmerkung 1 zum Begriff: Das *Ortungsendgerät* stellt die Komponente des *Ortungssystems* dar, die unmittelbar mit dem Nutzer der Positionsdaten (in dem vorliegenden Dokument die *ITS-Anwendung für den Straßenverkehr*) verbunden ist.

Anmerkung 2 zum Begriff: Das *Ortungsendgerät* verwendet einen GNSS-Empfänger, der sowohl hybridisiert als auch unterstützt sein darf.

3.2.15

Ortungsmodul

Softwarekomponente des *Ortungsendgerätes*, das die *PVT*-Daten verschiedener Sensoren verarbeitet

3.2.16

ortungsbezogenes ITS für den Straßenverkehr

System, bestehend aus einem oder mehreren *Ortungsendgeräten* sowie einer *ITS-Anwendung für den Straßenverkehr*, das einen *ortungsbezogenen ITS-Dienst für den Straßenverkehr* bereitstellt

3.2.17

ortungsbezogener ITS-Dienst für den Straßenverkehr

Hauptfunktion(en) eines *ortungsbezogenen ITS für den Straßenverkehr*, bei der (denen) die *Anwendungsgrößen* verwendet werden

BEISPIEL Berechnung und sichere Speicherung von Mautereignissen in einem Straßenmautsystem.

3.2.18

Protection Level

Schätzung einer Obergrenze von Fehlern einer *Positions-* oder *Geschwindigkeitskomponente* (z. B. die Ebenenposition) in Verbindung mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit, dem *Integritätsrisiko*

Anmerkung 1 zum Begriff: Wie der tatsächliche Fehler kann auch diese Größe durch ihre Verteilungsfunktion charakterisiert werden.

3.2.19

PVT-Fehlermodell

parametrisches mathematisches Modell zur Fehlerdarstellung einer *PVT*-Komponente, in Zusammensetzung mit an der Komponente beobachtetem Rauschen und systematischen Messabweichungen, die durch ein *Ortungsendgerät* in einer bestimmten Betriebsumgebung ausgegeben werden

Anmerkung 1 zum Begriff: Das *PVT-Fehlermodell* wird zur Zeichnung pseudo-zufälliger Trajektorien stellvertretend für wirkliche Trajektorien verwendet.

3.2.20

Position, Geschwindigkeit, Zeit

PVT

(en: Position, Velocity and Time)

im Allgemeinen am Ausgang eines GNSS-Empfängers oder eines *Ortungsendgerätes* erhältliche Daten bezüglich der Position, der Geschwindigkeit und der Zeit

3.2.21

Record and Replay

R&R

Prüftechniken zur Digitalisierung von GNSS-Signalen und Sensormessungen in echten Kampagnen, damit diese später an geeigneten Laborprüfständen wiederholt werden können

3.2.22

Rohdatenmessung

verfügbare Größen in einem GNSS-Empfänger nach der Signalverarbeitungsstufe, aus der die *PVT*-Daten berechnet werden

Anmerkung 1 zum Begriff: Die *Pseudostrecken* für jeden verfolgten Satelliten sind wesentliche Merkmale der *Rohdatenmessung*.

3.2.23

Referenztrajektorie

Reihe von mit einem Zeitstempel versehenen Positionen eines Bezugspunktes an einem mobilen Objekt (Prüffahrzeug), erzeugt durch eine *Messeinrichtung zur Erfassung der Referenztrajektorie*

Anmerkung 1 zum Begriff: Es kann sein, dass diese Referenztrajektorie in anderen Dokumenten als „Bodenverifikation“ bezeichnet wird.

3.2.24

RTMeS

(en: Reference trajectory measurement system)

Messeinrichtung zur Erfassung der Referenztrajektorie

Messmittel, dessen Genauigkeitsleistungen die erforderlichen Leistungen des zu prüfenden *Ortungsendgerätes* um mindestens eine Größenordnung übertreffen

3.2.25

ITS-Anwendung für den Straßenverkehr

dem (den) *Ortungsendgerät(en)* nachgeschalteter, datenverarbeitender Teil, der die *Messgrößen der Anwendung* berechnet und den *ITS-Dienst für den Straßenverkehr* bereitstellt

3.2.26

Szenarien

Abfolgen oder Ströme vorgegebener Daten, die für die Durchführung von Prüfungsvorgängen verwendet werden:

- ausführliche Schritt-für-Schritt-Anweisungen für die Durchführung von Prüfungen im Einsatz;
- Dateien mit digitalen Aufnahmen zur gleichzeitigen Wiederholung verschiedener Messungen, die zuvor in der realen Welt mithilfe von Digitalisiergeräten (Aufnahmegeräten) oder Messwerterfassern digitalisiert wurden

Anmerkung 1 zum Begriff: Ausreichend definierte reproduzierbare Szenarien können als Referenzmaterialien verwendet werden.

3.2.27

Sensitivitätsanalyse

Verfahren zur Leistungsüberprüfung einer *ITS-Anwendung für den Straßenverkehr* oder eines ganzen *ITS für den Straßenverkehr*, bei dem eine hohe Anzahl an simulierten degradierten *PVT-Daten* eingegeben wird, die durch Addieren von *PVT-Fehlermodellen*, stellvertretend für die wirklichen, durch gesonderte Einsatzprüfungen beobachteten Fehler, zu einer Referenztrajektorie erhalten wurden

3.2.28

Schnelligkeit

Norm des Geschwindigkeitsvektors

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Schnelligkeit beschreibt, wie schnell sich der Nutzer in Relation zum Boden bewegt, ungeachtet der Richtung.

3.2.29

Geschwindigkeit

Geschwindigkeit des *Ortungsendgerätes* in Relation zum Boden, wiedergegeben als ein Vektor mit drei Komponenten

3.3 Abkürzungen

Abkürzung	Bedeutung
FAS	Fahrerassistenzsystem
CDF	(en: Cumulative Distribution Function) kumulative Verteilungsfunktion
EFC	(en: Electronic Fee Collection) elektronischer Fahrtenschreiber
E2E	End-zu-End
EGNOS	(en: European Geostationary Navigation Overlay Service) europäischer geostationärer Navigationsdienst
GBPT	(en: GNSS-based positioning terminal) GNSS-basiertes Ortungsendgerät
GNSS	(en: Global Navigation Satellite Systems) globales Navigationssatellitensystem
HPL	Horizontaler Protection Level
IMU	(en: Inertial Measurement Unit) inertielle Messeinheit
IR	Integritätsrisiko
IST	(en: Intelligent Transport System) intelligentes Transportsystem
LBS	(en: Location Based Services) standortbezogene Dienste
MIR	Rate irreführender Informationen des ITS (en: Misleading Information ITS Rate)
NLOS	(en: Non Line Of Sight) Nicht-Sichtverbindung
PDF	(en: Probability Density Function) Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion
PVT	(en: Position, Velocity, Time) Position, Geschwindigkeit, Zeit
R&R	Record & Replay
RM	Referenzmaterial
RTMeS	(en: Reference Trajectory Measurement System) Messeinrichtung zur Erfassung der Referenztrajektorie
SBAS	(en: Satellite Based Augmentation System) satellitengestütztes Erweiterungssystem
TIR	(en: Target Integrity Risk) angestrebtes Integritätsrisiko
TTFF	Time To First Fix

4 Beschreibung der generischen Architektur eines GNSS-basierten ITS für den Straßenverkehr

4.1 Generische Architektur

Ein *ortungsbezogenes ITS für den Straßenverkehr*, das auf GNSS basiert, besteht aus einem *Ortungssystem* und einer *ITS-Anwendung für den Straßenverkehr* und stellt durch die Verwendung von Ortungsdaten einen *Dienst* für den Nutzer bereit (Navigationshilfe, Tracking, Detektion von Ereignissen oder Personen usw.). Bild 5 zeigt die Architektur eines solchen Systems.

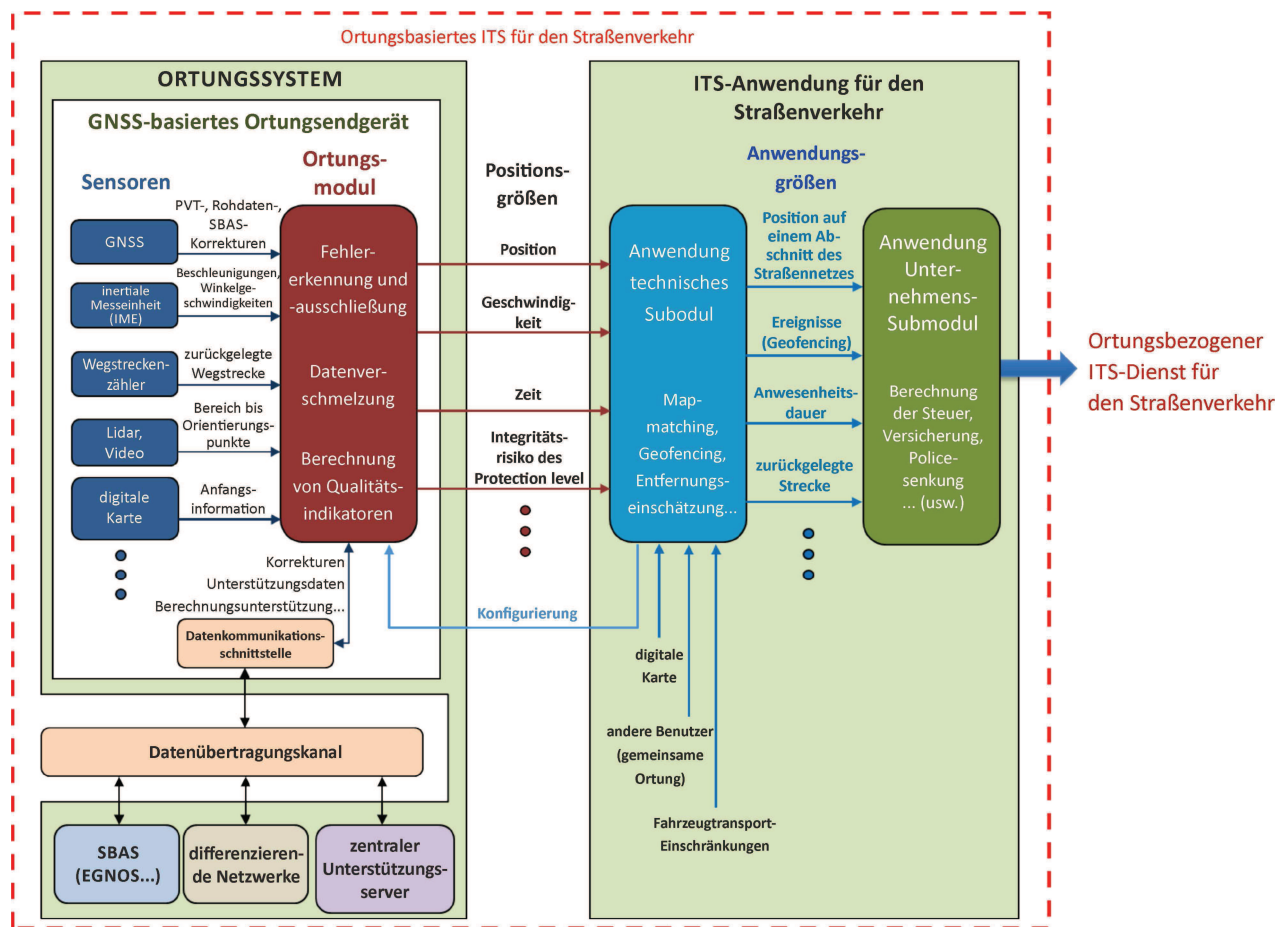


Bild 5 — Generische Architektur eines ITS für den Straßenverkehr

4.2 Komponenten

4.2.1 Ortungskomponenten und -ausgaben

Das *Ortungsendgerät* wird als fahrzeugseitiger Teil des *Ortungssystems* bezeichnet, d. h. der Teil, der am mobilen Objekt (Fahrzeug) angebracht ist, dessen Position durch die Anwendung erwartet wird. In dieser Hinsicht ist das Endgerät die Komponente des *Ortungssystems*, die in unmittelbarer Verbindung mit dem Nutzer der *Positionsgrößen* steht (in diesem Fall der *ITS-Anwendung für den Straßenverkehr*). Da das vorliegende Dokument die Anwendungsfälle behandelt, bei denen ein GNSS-Empfänger verwendet wird, wird das Endgerät für eine präzise Formulierung als *GNSS-basiertes Ortungsendgerät*, oder *GBPT*, bezeichnet.

Das Endgerät selbst besteht aus einer Reihe von geräteigenen Sensoren und einer Ortungssoftwarekomponente (*Ortungsmodul*), welche die *ITS-Anwendung für den Straßenverkehr* mit *Positionsgrößen* beliefert. Das *Ortungsmodul* innerhalb des Endgerätes oder der GNSS-Sensor selbst können externe GNSS-Daten verwenden, die über einen Datenübertragungskanal geliefert werden, wie z. B. Unterstützungsdaten, differentielle GNSS-Daten oder SBAS-Daten. Die Ortungsberechnung kann auch teilweise oder vollständig durch ein Modul durchgeführt werden, das sich außerhalb des mobilen Objektes befindet. In beiden Fällen befindet sich das *Ortungssystem* nur teilweise an Bord des Fahrzeugs; das *GBPT* befindet sich hingegen immer an Bord und ist als die Komponente vorgesehen, welche die endgültige Positionsausgabe an die Anwendung übermittelt.

Im Rahmen dieses Dokuments **muss** das *GBPT* mindestens einen *GNSS-Empfänger* verwenden, der sowohl hybridisiert als auch unterstützt sein kann.

Im Rahmen des vorliegenden Dokuments **muss** die Ausgabe der *Positionsgrößen* durch das *GBPT* mindestens eine der beiden folgenden Größen umfassen:

- die Position des Phasenzentrums der GNSS-Empfängerantenne oder einen anderen Referenzpunkt des Fahrzeugs, wiedergegeben in einem geodätischen Standardreferenzsystem;
- die Geschwindigkeit dieses Punktes.

Jede dieser Größen wird mit einem Zeitstempel zur Anzeige der Zeit versehen, die der Ausgabe entspricht.

Je nach Anwendung kann die Position entweder in den drei Komponenten der 3D-Position (d. h. ein Vektor), in einer Teilmenge davon, z. B. in der 2D-Horizontalposition (Projektion der 3D-Position auf die horizontale Ebene oder auf eine Ebene, die tangential zum verwendeten Ellipsoid des geodätischen Referenzrahmens verläuft), oder in der Vertikalposition bestehen.

Gleichmaßen kann die Geschwindigkeit auf die horizontale 2D-Geschwindigkeit oder sogar auf ihr Modul, d. h. auf die horizontale Schnelligkeit, oder auf eine andere einzelne Komponente des 3D-Geschwindigkeitsvektors begrenzt sein.

Falls das *Ortungsendgerät* Informationen bezüglich der *Integrität* von Ortungs- oder Geschwindigkeitskomponenten der *PVT* bereitstellt, **müssen** diese Informationen zumindest Folgendes umfassen:

- einen der Begriffsbestimmung in diesem Dokument entsprechenden *Protection Level (PL)* der betroffenen *PVT*-Komponente, d. h. einen Wert, der den Fehler der Ortungs- oder Geschwindigkeitskomponente, die durch das Ortungsendgerät geliefert wird, mit einer sehr hohen Wahrscheinlichkeit statistisch begrenzt;
- berechnet für ein bestimmtes *Integritätsrisiko*, das die ergänzende Wahrscheinlichkeit des Letzteren darstellt, d. h. die Wahrscheinlichkeit, dass der tatsächliche Fehler der Komponente den zugehörigen *Protection Level* tatsächlich überschreitet.

4.2.2 ITS-Anwendung für den Straßenverkehr und Ausgaben

Die *ITS-Anwendung für den Straßenverkehr* ist ein Software-Modul, das für den Anwendungszweck dieses Dokuments in zwei Submodule aufgeteilt dargestellt wird:

- 1) das *technische Submodul*, das die *Positionsgrößen* in *Anwendungsgrößen* umwandelt, die je nach Anwendung direkt von den *PVT*-Daten und anderen Daten abgeleitet werden, und welche die wesentlichen erforderlichen Größen zur Bereitstellung des endgültigen Dienstes an den Nutzer darstellen;

BEISPIEL 1 Position auf einem Straßensegment (Position durch Map-Matching), Mautstellenerfassung, Detektion von Zutritt/Verlassen eines Gebietes, zurückgelegte Wegstrecke sind Beispiele von *Anwendungsgrößen*.

- 2) das *Unternehmens-Submodul*, das eigens zur Bereitstellung des letztendlichen Dienstes bestimmt ist und in hohem Maße von dem gewählten Unternehmensmodell des Systembetreibers abhängig ist.

BEISPIEL 2 Berechnung der zum Nutzer zu sendenden Rechnung für ein Straßenmautsystem ist ein Beispiel für die Verarbeitung durch dieses Submodul. Da diese Datenverarbeitung sehr variabel gestaltet werden kann, liegt dieses Submodul außerhalb des Anwendungsbereichs dieses Dokuments und wird hier lediglich für Fälle berücksichtigt, bei denen die *End-zu-End-Leistungen* des Systems, das den Dienst bereitstellt, auf den *Anwendungsgrößen* basieren.

5 Definition der Leistungsmetriken für Ortungsendgeräte

5.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt behandelt die Festlegung der Leistungsmetriken. Die nachstehend definierten Metriken müssen für die Charakterisierung der *PVT*-Leistungen als Grundlage für die Festlegung von Anforderungen sowie für Evaluations- und Validierungszwecke verwendet werden. Die Logik für die Festlegung von Leistungsmetriken umfasst:

- eine ausführliche Definition der Ausgaben des Ortungsendgerätes, für welche die verschiedenen Metriken festgelegt werden (siehe 4.2);
- eine Eigenschaftsbestimmung der für die Identifizierung der Leistungsmerkmale relevanten Ausgaben (siehe 4.3);
- eine Identifizierung der zu beschreibenden Leistungsmerkmale (siehe 4.4);
- eine Definition von Metriken (siehe 4.5).

5.2 Ausgaben des Ortungsendgerätes

In 4.1 wurden die vom *Ortungsendgerät* erwarteten Ausgaben, auch als *Positionsgrößen* bezeichnet, als Ausgaben bezüglich Position, Geschwindigkeit und Zeit (*PVT*) festgelegt. Die folgende Liste enthält eine Bestimmung der Parameter, die für eine große Mehrheit der *ITS für den Straßenverkehr*, die *PVT*-Informationen nutzen, von Bedeutung sein können:

- **Position:** bezeichnet den Standort des Ortungsendgerätes (oder, konkreter ausgedrückt, den Standort einiger daran angebrachter Referenzpunkte, wie z. B. das Phasenzentrum der Antenne), wiedergegeben in einem festgelegten Referenzrahmen (z. B. WGS84) und Koordinatensystem (z. B. geodätisches oder kartesisches Koordinatensystem). Je nach Erfordernis der Anwendung kann die Positionsausgabe alle Komponenten der Position (z. B. Längengrad, Breitengrad und Höhe) oder nur eine Teilmenge (z. B. Längengrad und Breitengrad) beinhalten;
- **Geschwindigkeit:** ist die Geschwindigkeit des Ortungsendgerätes in Relation zum Boden. In ihrer allgemeineren Form ist sie ein Vektor mit drei Komponenten, der typischerweise in einem kartesischen Koordinatensystem wiedergegeben wird, dessen Rahmenzentrum an der Nutzerposition liegt (z. B. der lokale horizontale Referenzrahmen, mit Koordinaten in Nord-, Ost- und Aufwärtsrichtungen³);
- **Schnelligkeit:** ist die euklidische Norm des Geschwindigkeitsvektors und beschreibt folglich, wie schnell sich der Nutzer (in Relation zum Boden) bewegt, ungeachtet der Richtung. Die Schnelligkeit ist für viele Anwendungen relevant und muss demzufolge gesondert behandelt werden. Bei zusätzlicher Angabe einer Bewegungsrichtung stellt die Schnelligkeit eine äquivalente Beschreibung des Geschwindigkeitsvektors dar (vorausgesetzt, die Bewegung ist hauptsächlich horizontal, was üblicherweise bei Landfahrzeugen der Fall ist; andernfalls darf zusätzlich der Nickwinkel angegeben

3 Ein anderer allgemeiner lokaler kartesischer Referenzrahmen ist durch die Achsen des Fahrzeugaufbaus gegeben: die Längsachse (die in der Regel zur Ausrichtung nach vorn verwendet wird), die Querachse (Ausrichtung nach links) und die Hochachse (orthogonal zu den beiden ersten Achsen und ausgerichtet nach oben, wenn das Fahrzeug horizontal und richtig orientiert ist). Sofern kein wesentliches seitliches Gleiten oder Springen auftritt, kann die Projektion eines Vektors (wie des Geschwindigkeitsvektors oder des Positionsfehlervektors) auf die Längsachse mit der sogenannten Fahrtrichtungskomponente des Vektors (wie die „Geschwindigkeit in Fahrtrichtung“ oder der „Positionsfehler in Fahrtrichtung“) gleichgesetzt werden. Gleichermaßen kann die Projektion eines Vektors auf die Querachse mit der sogenannten Querkomponente des Vektors (wie die „Geschwindigkeit in Querrichtung“ oder der „Positionsfehler in Querrichtung“) gleichgesetzt werden. Die Transformation zwischen dem körperfesten Koordinatensystem und dem lokalen horizontalen Koordinatensystem ist durch die eulerschen Winkel gegeben: Bewegungsrichtung, Nicken, Rollen.

werden). In Abhängigkeit von der jeweiligen Anwendung kann es zweckmäßig sein, dem Nutzer die Bewegungsinformation in Form von Schnelligkeit und Bewegungsrichtung (und Nicken) anzuzeigen. Im Allgemeinen ist der Geschwindigkeitsvektor (wiedergegeben in einem orthonormalen Referenzrahmen, wie dem lokalen Koordinatensystem „Ost/Nord/nach oben“) jedoch am informativsten. Wenn zur Berechnung der Schnelligkeit nur die horizontalen Komponenten des Geschwindigkeitsvektors verwendet werden, muss der resultierende Wert als horizontale Schnelligkeit bezeichnet werden.

- **Bewegungsrichtung:** ist der Winkel zwischen der Vorwärtsrichtung der Längsachse des Fahrzeugs und der Nordrichtung, die entlang der horizontalen Ebene im Uhrzeigersinn gemessen wird (z. B. bei Fahrzeugen, die nordwärts, ostwärts, südwärts und westwärts zeigen, würden die entsprechenden Bewegungsrichtungen 0, 90, 180 bzw. 270 Grad betragen). Es ist zu beachten, dass zur Berechnung der Bewegungsrichtung zunächst die Längsachse in die horizontale Ebene projiziert werden muss, wenn diese aus irgendeinem Grund geneigt ist (z. B. wenn das Fahrzeug einen Abhang hochfährt). Der Bewegungsrichtungswinkel darf zusammen mit der Schnelligkeit als alternative Beschreibung des horizontalen Geschwindigkeitsvektors des Fahrzeugs in Polarkoordinaten verwendet werden. Polarkoordinaten eines 2D-Vektors sind durch die euklidische Norm des Vektors zuzüglich des Winkels (in diesem Fall die Bewegungsrichtung) des Vektors bezüglich einer vorgegebenen Richtung (in diesem Fall die Nordrichtung) gegeben; beim Vergleichen von Vektoren in Polarkoordinaten ist besondere Vorsicht geboten, da derartige Vergleiche zu falschen Schlussfolgerungen führen können (z. B. ist zu beachten, dass die Differenz der Norm nicht die Norm der Differenz ist).
- **Nicken:** ist der Winkel zwischen der Vorwärtsrichtung der Längsachse des Fahrzeugs und der horizontalen Ebene, positiv in Aufwärtsrichtung. Dieser Winkel ist für die meisten Anwendungen im Straßenverkehr nicht relevant, kann aber benötigt sein, wenn eine vollständige Beschreibung des Geschwindigkeitsvektors in sphärischen Koordinaten⁴ oder eine vollständige Beschreibung der Stellung des Fahrzeugs erforderlich ist.
- **Rollen:** bezieht sich auf den Schräglagenwinkel des Fahrzeugs und ist definiert als der (mit Vorzeichen versehene) Winkel der kürzesten Drehung um die Längsachse, die benötigt wird, um die Querachse des Fahrzeugs in die horizontale Position zu bringen, wobei das Fahrzeug aufrecht bleibt. Es ist zu beachten, dass für eine vollständige Beschreibung dieses Konzepts eine zusätzliche Konvention für das Vorzeichen des Rollwinkels erforderlich ist, auf die an dieser Stelle nicht näher eingegangen wird. Es muss auch beachtet werden, dass der Rollwinkel unklar definiert ist, wenn die Längsachse des Fahrzeugs vertikal ausgerichtet ist, was ziemlich unwahrscheinlich ist. Dieser Winkel ist für die meisten Anwendungen im Straßenverkehr nicht relevant, kann aber benötigt sein, wenn aus irgendwelchen Gründen eine vollständige Beschreibung der Stellung des Fahrzeugs erforderlich ist.
- **Protection Levels:** ein *Protection Level* (PL) ist ein Wert, der den Fehler einer Ortungs- oder Geschwindigkeitskomponente (oder einer anderen Ausgabe von Interesse, für die eine Fehlerbegrenzung sinnvoll ist, wie die Bewegungsrichtung oder ein anderer Stellungswinkel) mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit begrenzt. Deshalb muss die ergänzende Wahrscheinlichkeit, bekannt als das *Integritätsrisiko*, dass der Fehler in einer Ausgabekomponente seinen zugehörigen Protection Level überschreitet, sehr klein sein. Tatsächlich muss sie so klein sein, dass ein Schwellwert, bekannt als *angestrebtes Integritätsrisiko*, welches anwendungsspezifisch⁵ ist, nicht überschritten wird. Ein

4 Sphärische Koordinaten eines 3D-Vektors sind durch die euklidische Norm des Vektors zuzüglich zweier Winkel (in diesem Fall: Bewegungsrichtung und Nicken) gegeben: einer zwischen dem Vektor und einer vorgegebenen Richtung (in diesem Fall die Aufwärtsrichtung) und ein anderer zwischen der Projektion des Vektors in die Ebene, die orthogonal zu der vorgegebenen Richtung liegt (in diesem Fall die horizontale Ebene), und einer anderen vorgegebenen Richtung innerhalb dieser Ebene (in diesem Fall die Nordrichtung). Für Vergleiche von Vektoren in sphärischen Koordinaten gilt Ähnliches wie für Polarkoordinaten.

5 Das angestrebte Integritätsrisiko kann bei einigen Anwendungen sehr klein sein (z. B. in der Größenordnung von $1E-7$), wodurch die Validierung des Integritätsrisikos auf seine Anforderungen hin vor große Herausforderungen gestellt wird. In den meisten Fällen reichen Prüfungen für eine zufriedenstellende Validierung nicht aus, sondern es muss irgendeine Art von RAMS-Bewertung durchgeführt werden, einschließlich FTA, FMECA, Gefahrenanalyse usw.

Protection Level ist eine dynamische Echtzeitgröße, die von Ausgabeepoche zu Ausgabeepoche unterschiedlich sein kann.

- **Zeitstempel:** ein Identifizierungskennzeichen, das die Zeit anzeigt, der alle anderen Elemente dieser Liste entsprechen, und das normalerweise in Bezug zu einem wohlbekannten Zeitstandard, wie z. B. UTC gesetzt wird.

5.3 Eingaben für die Leistungscharakterisierung

Die Leistungscharakterisierung ist das Verfahren zur Charakterisierung der Leistungsfähigkeit des *Ortungsendgerätes* auf Grundlage mehrerer Metriken, die im nächsten Abschnitt festgelegt werden. Vor einer Festlegung der Leistungsmetriken muss darauf hingewiesen werden, dass die meisten dieser Metriken sich nicht unmittelbar auf die Ausgaben des Ortungsendgerätes beziehen, sondern vielmehr auf deren Fehler. Folglich bestehen die Eingaben zum Verfahren der Leistungscharakterisierung weniger aus den Ausgaben des Ortungsendgerätes, als vielmehr aus den folgenden Eingaben:

- **Positionsfehler:** bezeichnet die Differenz zwischen der wahren Position und der durch das Ortungsendgerät ausgegebenen Position. Er ist als Vektor, wiedergegeben in einem zweckmäßigen, lokalen Referenzrahmen (z. B. der lokale horizontale Rahmen) zu verstehen;
- **Geschwindigkeitsfehler:** bezeichnet die Differenz zwischen dem wahren Geschwindigkeitsvektor und dem durch das Ortungsendgerät geschätzten Geschwindigkeitsvektor. Er ist als Vektor, wiedergegeben in einem zweckmäßigen, lokalen Referenzrahmen (z. B. der lokale horizontale Rahmen) zu verstehen;
- **Schnelligkeitsfehler:** bezeichnet die Differenz zwischen der wahren Schnelligkeit und der durch das Ortungsendgerät ausgegebenen Schnelligkeit;
- **Stellungsfehler:** Fehler bei einem der Stellungswinkel (Bewegungsrichtung, Nicken, Rollen), wobei jeder Fehler der Differenz zwischen dem wahren Wert und dem vom Ortungsendgerät bereitgestellten Wert entspricht.
- **Protection Levels:** bezeichnet einen der Protection Levels der Ortungs-, Geschwindigkeits-/ Schnelligkeits- oder Stellungskomponenten, die sowohl Ausgaben des Ortungsendgerätes als auch Eingaben für die Leistungscharakterisierung sind (d. h. sie müssen nicht weiter bearbeitet werden).
- **Zeitstempel:** ist der gleiche Wert wie die entsprechende Ausgabe des Ortungsendgerätes;
- **Ausgabezeit:** bezeichnet den Zeitpunkt, zu dem die PVT vom GBPT ausgegeben werden, und wird in Bezug zum selben Zeitrahmen gesetzt wie der Zeitstempel. Dieser Zeitwert liegt immer hinter dem entsprechenden Zeitstempel und die Differenz zwischen diesen zwei Zeiten wird als **Ausgabelatenzzeit** bezeichnet.

5.4 Leistungsmerkmale

Die Leistungsfähigkeit eines Ortungsendgerätes kann bezüglich verschiedener Merkmale (oder Eigenschaften) charakterisiert werden.

ANMERKUNG Bis zu einem gewissen Grad gleichen diese den Merkmalen, die durch die Gemeinschaft der Zivilluftfahrt bezüglich „Anforderungen an Funknavigationsanlagen“ festgelegt wurden, jedoch weisen sie im Vergleich dazu einige wesentliche Unterschiede auf, welche die Eigenheiten und besonderen Erfordernisse bei *ITS-Anwendungen für den Straßenverkehr* widerspiegeln.

Diese Norm deckt die Vorgehensweise zur Anwendung derartiger RAMS-Techniken nicht ab, sondern behandelt nur die zur Evaluierung der Leistungen verwendeten Metriken aus einer rein experimentellen Perspektive.

Bei diesen Merkmalen handelt es sich um:

- **Genauigkeit:** sie bezieht sich auf statistischen Gütezahlen von Positions-, Geschwindigkeits- oder Schnelligkeitsfehlern (wie in 4.3 beschrieben).
- **Integrität:** sie bezieht sich auf die Charakteristik des *Protection Levels* und der damit verbundenen *Rate irreführender Informationen (MI-Rate oder MIR)* in Bezug auf die Zuverlässigkeit (Verifizierung des Risikos⁶), jedoch ebenfalls auf Effizienz und Anwendbarkeit (Größe des *Protection Levels*, die in unmittelbarem Zusammenhang mit der Anwendbarkeit auf die vorgesehene Anwendung steht).
- **Verfügbarkeit:** im Allgemeinen bezieht sie sich auf den Prozentsatz der Zeit, während der die Ausgabe des Ortungsendgerätes verfügbar und gültig ist („gültig“ ist als Gesundheitszustand zu verstehen, der vom GBPT als Teil der Ausgabenachricht entsprechend internen Kriterien erklärt wird, welche seitens des Herstellers offengelegt sein können, aber an dieser Stelle nicht weiter relevant sind). Je nach Erfordernis der Anwendung kann dieses Merkmal auf viele unterschiedliche Weisen definiert werden. Die in der vorliegenden Europäischen Norm definierte Metrik ist eine generische Metrik, welche die Messung des Prozentsatzes von Betriebszeitintervallen der Länge T ermöglicht, in denen das Ortungsendgerät mindestens eine Ausgabe bereitstellt.
- **Kontinuität:** sie bezieht sich auf die Fähigkeit des Ortungsendgerätes, seine Ausgabe fortlaufend (ohne Lücken) bereitzustellen. Die Kontinuität ist mit einer charakteristischen Betriebszeit einer bestimmten Länge T verknüpft, während der Betriebsunterbrechungen vermieden werden müssen. Im Falle eines Flugzeugs beispielsweise ist die Landephase besonders kritisch, sodass ein ordnungsgemäßes Arbeiten des Navigationssystems während dieser gesamten Phase, die typischerweise ungefähr 150 s dauert, unerlässlich ist. In diesem Fall ist T = 150s. Bei Fahrzeugen ist es schwierig, besondere Phasen des Fahrens zu bestimmen, die bedeutend kritischer als andere sind, aber es wird von einer Durchschnittsfahrt von etwa einer Stunde ausgegangen, sodass T = 1h als geeignete charakteristische Zeitlänge angesehen wird.
- **Zeitsteuerungsleistung:** sie bezieht sich auf die zeitbezogenen Merkmale des Ortungsendgerätes, wie Ausgabegeschwindigkeit und Latenzzeit. Die TTFF-Zeit wird im Rahmen der Zeitsteuerungsmetriken ebenfalls betrachtet. Es ist jedoch zu beachten, dass das Ortungsendgerät nicht für Zeitsteuerungsanwendungen vorgesehen ist und die Zeitsteuerungsmetriken deshalb nicht auf das Vorhandensein oder die Qualität eines Zeitsteuerungssignals ausgerichtet sind, sondern nur diejenigen zeitbezogenen Aspekte berücksichtigen, die Einfluss auf die Qualität der Ortung oder die Art der anschließenden Nutzung haben können. Zeitstempelungenauigkeiten (z. B. aufgrund von Bewertungsfehlern bei der Zeitabweichung) sollten keine erheblichen Auswirkungen haben. Eine große Verzögerung bei der Bereitstellung der Positionsausgabe (d. h. eine lange Latenzzeit) kann sich jedoch negativ auf die Leistung der Anwendungsschicht auswirken, für die diese Ausgabe als Eingabe dient.

5.5 Leistungsmetriken

Die folgenden Tabellen enthalten Zusammenfassungen aller Metriken, die für die unterschiedlichen Ausgabekomponenten möglich sind. Ihre Begründung ist in Anhang A enthalten. Es ist zu beachten, dass sich die in den Tabellen enthaltenen Definitionen oft wiederholen, da ein und dasselbe Konzept auf verschiedene Teile der GBPT-Ausgabe angewendet wird (Position, Geschwindigkeit oder einige ihrer Komponenten, wie die horizontalen und/oder vertikalen Komponenten, und analog auf die *Protection Levels*). Dahingehend könnten die Tabellen deutlich verkürzt werden, indem Definitionen für einen allgemeingültigen Teil der Ausgabe bereitgestellt würden (ohne z. B. anzugeben, ob es sich um eine horizontale Position oder um eine vertikale Geschwindigkeit handelt). Für eine bessere Übersicht jedoch wurden für die relevantesten Ausgabeelemente explizite Definitionen eingeschlossen, auch wenn das Ergebnis redundant erscheinen mag.

6 Da RAMS-Verfahren von dieser Norm nicht abdeckt werden, wird das Integritätsrisiko als Metrik an dieser Stelle nicht behandelt. Stattdessen wird die Rate irreführender Informationen (das empirische Gegenstück) betrachtet.

Bei allen unten stehenden Definitionen, in denen das 50., 75. und 95. Perzentil der kumulativen Verteilung der Fehler genannt wird, wird davon ausgegangen, dass die Perzentile auf Grundlage einer Fehlerprobe berechnet werden, die mittels einer bestimmten Leistungsprüfung bezüglich eines bestimmten Einsatzszenarios und nach einem bestimmten Prüfprotokoll als Ergebnis erhalten wurde. Im Folgenden sind lediglich die grundlegenden Definitionen angegeben. Die Prüfspezifikationen selbst liegen nicht im Anwendungsbereich dieses Dokuments.

Die kumulative Verteilungsfunktion einer reellwertigen Zufallsvariablen X ist die Funktion gegeben durch:

$$F_X(x) = P(X \leq x) \quad (1)$$

Tabelle 1 — Zusammenfassung der Genauigkeitsmetriken

Ausgabe	Komponente	Genauigkeitsmetrik
Position	3D-Vektor	Die 3D-Positionsgenauigkeit ist definiert als die Menge aus drei statistischen Werten, gegeben durch das 50., 75. und 95. Perzentil der kumulativen Verteilung der 3D-Fehler von gültigen Positionsausgaben; der „3D-Positionsfehler“ muss als euklidische Norm des 3D-Positionsfehlervektors verstanden werden. Das Kriterium, anhand dessen entschieden wird, ob eine Ausgabe als gültig markiert wird, ist in dieser Norm nicht relevant und muss vom GBPT-Hersteller nicht offengelegt werden. Es wird aber davon ausgegangen, dass das Gültigkeits-Flag oder dessen Anzeiger vom GBPT als Teil der Positionsausgabenachricht bereitgestellt wird (entweder global oder einzeln für jeden relevanten Teil der Ausgabe: Position, Geschwindigkeit, Stellung, Protection Levels usw.). Der Gültigkeitsanzeiger darf als analog zum Qualitätsanzeiger der Positionslösung in einem Standard-GPGGA-NMEA-Datensatz angesehen werden.
	Horizontal	Die horizontale Positionsgenauigkeit ist definiert als die Menge aus drei statistischen Werten, gegeben durch das 50., 75. und 95. Perzentil der kumulativen Verteilung von horizontalen Fehlern gültiger Positionsausgaben. Der „horizontale Positionsfehler“ muss als die euklidische Norm der horizontalen Projektion des 3D-Positionsfehlervektors verstanden werden.
	Ost-West	Die Ost-West-Positionsgenauigkeit ist definiert als die Menge aus drei statistischen Werten, gegeben durch das 50., 75. und 95. Perzentil der kumulativen Verteilung von Fehlern (alle Fehler von skalaren Komponenten müssen als absolute Werte betrachtet werden, sofern nicht anders festgelegt) in Ost-West-Richtung gültiger Positionsausgaben.
	Nord-Süd	Die Nord-Süd-Positionsgenauigkeit ist definiert als die Menge aus drei statistischen Werten, gegeben durch das 50., 75. und 95. Perzentil der kumulativen Verteilung von Fehlern in Nord-Süd-Richtung gültiger Positionsausgaben.
	Fahrtrichtung	Die Positionsgenauigkeit in Fahrtrichtung ist definiert als die Menge aus drei statistischen Werten, gegeben durch das 50., 75. und 95. Perzentil der kumulativen Verteilung von Fahrtrichtungsfehlern gültiger Positionsausgaben.
	Querrichtung	Die Positionsgenauigkeit in Querrichtung ist definiert als die Menge aus drei statistischen Werten, gegeben durch das 50., 75. und 95. Perzentil der kumulativen Verteilung von Querrichtungsfehlern gültiger Positionsausgaben.
	Vertikal	Die vertikale Positionsgenauigkeit ist definiert als die Menge aus drei statistischen Werten, gegeben durch das 50., 75. und 95. Perzentil der kumulativen Verteilung von vertikalen Fehlern gültiger Positionsausgaben.

Ausgabe	Komponente	Genauigkeitsmetrik
Geschwindigkeit	Ost-West	Die Ost-West-Geschwindigkeitsgenauigkeit ist definiert als die Menge aus drei statistischen Werten, gegeben durch das 50., 75. und 95. Perzentil der kumulativen Verteilung von Fehlern in Ost-West-Richtung gültiger Geschwindigkeitsausgaben.
	Nord-Süd	Die Nord-Süd-Geschwindigkeitsgenauigkeit ist definiert als die Menge aus drei statistischen Werten, gegeben durch das 50., 75. und 95. Perzentil der kumulativen Verteilung von Fehlern in Nord-Süd-Richtung gültiger Geschwindigkeitsausgaben.
	Fahrtrichtung	Die Geschwindigkeitsgenauigkeit in Fahrtrichtung ist definiert als die Menge aus drei statistischen Werten, gegeben durch das 50., 75. und 95. Perzentil der kumulativen Verteilung von Fahrtrichtungsfehlern gültiger Geschwindigkeitsausgaben.
	Querrichtung	Die Geschwindigkeitsgenauigkeit in Querrichtung ist definiert als die Menge aus drei statistischen Werten, gegeben durch das 50., 75. und 95. Perzentil der kumulativen Verteilung von Querrichtungsfehlern gültiger Geschwindigkeitsausgaben.
	Vertikal	Die vertikale Geschwindigkeitsgenauigkeit ist definiert als die Menge aus drei statistischen Werten, gegeben durch das 50., 75. und 95. Perzentil der kumulativen Verteilung von vertikalen Fehlern gültiger Geschwindigkeitsausgaben.
Schnelligkeit	3D-Vektor	Die Schnelligkeitsgenauigkeit ist definiert als die Menge aus drei statistischen Werten, gegeben durch das 50., 75. und 95. Perzentil der kumulativen Verteilung von Fehlern gültiger Schnelligkeitsausgaben.
	Horizontal	Die horizontale Schnelligkeitsgenauigkeit ist definiert als die Menge aus drei statistischen Werten, gegeben durch das 50., 75. und 95. Perzentil der kumulativen Verteilung von horizontalen Fehlern gültiger Schnelligkeitsausgaben.
Stellung	Bewegungsrichtung	Die Bewegungsrichtungsgenauigkeit ist definiert als die Menge aus drei statistischen Werten, gegeben durch das 50., 75. und 95. Perzentil der kumulativen Verteilung von Fehlern gültiger Bewegungsrichtungsausgaben.
	Nicken	Die Nickgenauigkeit ist definiert als die Menge aus drei statistischen Werten, gegeben durch das 50., 75. und 95. Perzentil der kumulativen Verteilung von Fehlern gültiger Nickausgaben.
	Rollen	Die Rollgenauigkeit ist definiert als die Menge aus drei statistischen Werten, gegeben durch das 50., 75. und 95. Perzentil der kumulativen Verteilung von Fehlern gültiger Rollausgaben.

Tabelle 2 — Zusammenfassung der Integritätsmetriken

Ausgabe	Komponente	Leistungsmetrik der Protection Level	IR- und MIR-Metriken
Protection Level der Position	3D-Vektor	<p>Die Leistung des Protection Levels der 3D-Position für ein bestimmtes angestrebtes Integritätsrisiko (z. B. 1E-6) ist definiert als die Menge aus drei statistischen Werten, gegeben durch das 50., 75. und 95. Perzentil der kumulativen Verteilung gültiger Protection Levels der 3D-Position, die für dieses angestrebte Integritätsrisiko berechnet wurden.</p> <p>Es wird davon ausgegangen, dass bei einem Protection Level, der als gültig zu markieren ist, die Navigationsausgabe, auf die er sich bezieht, auch als gültig zu markieren ist. Andernfalls muss (an dieser Stelle und in allen anderen Integritätsmetriken) gefordert werden, dass der Protection Level und seine entsprechende Navigationsausgabe beide als gültig markiert werden, um in Leistungskennzahlen einbezogen zu werden.</p>	<p>Das Integritätsrisiko der 3D-Position ist die Wahrscheinlichkeit, dass der 3D-Positionsfehler den Protection Level der 3D-Position überschreitet, vorausgesetzt, er ist als gültig markiert.</p> <p>Der „3D-Positionsfehler“ muss als die euklidische Norm des 3D-Positionsfehlervektors verstanden werden.</p> <p>Das Kriterium, anhand dessen entschieden wird, ob eine Ausgabe (einschließlich einem Protection Level) als gültig markiert wird, ist in dieser Norm nicht relevant und muss vom GBPT-Hersteller nicht offengelegt werden. Es wird an dieser Stelle aber davon ausgegangen, dass das Gültigkeits-Flag oder dessen Anzeiger vom GBPT als Teil der Positionsausgabenachricht bereitgestellt wird (entweder global oder einzeln für jeden relevanten Teil der Ausgabe: Position, Geschwindigkeit, Stellung, Protection Levels usw.). Der Gültigkeitsanzeiger darf als analog zum Qualitätsanzeiger der Positionslösung in einem Standard-GPGGA-NMEA-Datensatz angesehen werden.</p> <p>Die Rate irreführender Informationen der 3D-Position ist die empirische Rate, bei der der 3D-Positionsfehler den Protection Level der 3D-Position überschreitet, vorausgesetzt, er ist als gültig markiert.</p>
	Horizontal	<p>Die Leistung des Protection Levels der horizontalen Position für ein bestimmtes angestrebtes Integritätsrisiko (z. B. 1E-6) ist definiert als die Menge aus drei statistischen Werten, gegeben durch das 50., 75. und 95. Perzentil der kumulativen Verteilung gültiger Protection Levels der horizontalen Position, die für dieses angestrebte Integritätsrisiko berechnet wurden.</p>	<p>Das Integritätsrisiko der horizontalen Position ist die Wahrscheinlichkeit, dass der horizontale Positionsfehler den Protection Level der horizontalen Position überschreitet, vorausgesetzt, er ist als gültig markiert.</p> <p>Der „horizontale Positionsfehler“ muss als die euklidische Norm der horizontalen Projektion des 3D-Positionsfehlervektors verstanden werden.</p> <p>Die Rate irreführender Informationen der horizontalen Position ist die empirische Rate, bei der der horizontale Positionsfehler den Protection Level der horizontalen Position überschreitet, vorausgesetzt, er ist als gültig markiert.</p>

Ausgabe	Komponente	Leistungsmetrik der Protection Level	IR- und MIR-Metriken
	Ost-West	Die Leistung des Protection Levels der Ost-West-Position für ein bestimmtes angestrebtes Integritätsrisiko (z. B. 1E-6) ist definiert als die Menge aus drei statistischen Werten, gegeben durch das 50., 75. und 95. Perzentil der kumulativen Verteilung gültiger Protection Levels der Ost-West-Position, die für dieses angestrebte Integritätsrisiko berechnet wurden.	Das Integritätsrisiko der Ost-West-Position ist die Wahrscheinlichkeit, dass der Positionsfehler (alle Fehler von skalaren Komponenten müssen als absolute Werte betrachtet werden, sofern nicht anders festgelegt) in Ost-West-Richtung den Protection Level der Ost-West-Position überschreitet, vorausgesetzt, er ist als gültig markiert. Die Rate irreführender Informationen der Ost-West-Position ist die empirische Rate, bei der der Positionsfehler in Ost-West-Richtung den Protection Level der Ost-West-Position überschreitet, vorausgesetzt, er ist als gültig markiert.
	Nord-Süd	Die Leistung des Protection Levels der Nord-Süd-Position für ein bestimmtes angestrebtes Integritätsrisiko (z. B. 1E-6) ist definiert als die Menge aus drei statistischen Werten, gegeben durch das 50., 75. und 95. Perzentil der kumulativen Verteilung gültiger Protection Levels der Nord-Süd-Position, die für dieses angestrebte Integritätsrisiko berechnet wurden.	Das Integritätsrisiko der Nord-Süd-Position ist die Wahrscheinlichkeit, dass der Nord-Süd-Positionsfehler den Protection Level der Nord-Süd-Position überschreitet, vorausgesetzt, er ist als gültig markiert. Die Rate irreführender Informationen der Nord-Süd-Position ist die empirische Rate, bei der der Positionsfehler in Nord-Süd-Richtung den Protection Level der Nord-Süd-Position überschreitet, vorausgesetzt, er ist als gültig markiert.
	Fahrtrichtung	Die Leistung des Protection Levels der Position in Fahrtrichtung für ein bestimmtes angestrebtes Integritätsrisiko (z. B. 1E-6) ist definiert als die Menge aus drei statistischen Werten, gegeben durch das 50., 75. und 95. Perzentil der kumulativen Verteilung gültiger Protection Levels der Position in Fahrtrichtung, die für dieses angestrebte Integritätsrisiko berechnet wurden.	Das Integritätsrisiko der Position in Fahrtrichtung ist die Wahrscheinlichkeit, dass der Positionsfehler in Fahrtrichtung den Protection Level der Position in Fahrtrichtung überschreitet, vorausgesetzt, er ist als gültig markiert. Die Rate irreführender Informationen der Position in Fahrtrichtung ist die empirische Rate, bei der der Positionsfehler in Fahrtrichtung den Protection Level der Position in Fahrtrichtung überschreitet, vorausgesetzt, er ist als gültig markiert.
	Querrichtung	Die Leistung des Protection Levels der Position in Querrichtung für ein bestimmtes angestrebtes Integritätsrisiko (z. B. 1E-6) ist definiert als die Menge aus drei statistischen Werten, gegeben durch das 50., 75. und 95. Perzentil der kumulativen Verteilung gültiger Protection Levels der Position in Querrichtung, die für dieses angestrebte Integritätsrisiko berechnet wurden.	Das Integritätsrisiko der Position in Querrichtung ist die Wahrscheinlichkeit, dass der Positionsfehler in Querrichtung den Protection Level der Position in Querrichtung überschreitet, vorausgesetzt, er ist als gültig markiert. Die Rate irreführender Informationen der Position in Querrichtung ist die empirische Rate, bei der der Positionsfehler in Querrichtung den Protection Level der Position in Querrichtung überschreitet, vorausgesetzt, er ist als gültig markiert.

Ausgabe	Komponente	Leistungsmetrik der Protection Level	IR- und MIR-Metriken
	Vertikal	Die Leistung des Protection Levels der vertikalen Position für ein bestimmtes angestrebtes Integritätsrisiko (z. B. $1E-6$) ist definiert als die Menge aus drei statistischen Werten, gegeben durch das 50., 75. und 95. Perzentil der kumulativen Verteilung gültiger Protection Levels der vertikalen Position, die für dieses angestrebte Integritätsrisiko berechnet wurden.	Das Integritätsrisiko der vertikalen Position ist die Wahrscheinlichkeit, dass der vertikale Positionsfehler den Protection Level der vertikalen Position überschreitet, vorausgesetzt, er ist als gültig markiert. Die Rate irreführender Informationen der vertikalen Position ist die empirische Rate, bei der der vertikale Positionsfehler den Protection Level der vertikalen Position überschreitet, vorausgesetzt, er ist als gültig markiert.
Protection Level der Geschwindigkeit	Ost-West	Die Leistung des Protection Levels der Geschwindigkeit in Ost-West-Richtung für ein bestimmtes angestrebtes Integritätsrisiko (z. B. $1E-6$) ist definiert als die Menge aus drei statistischen Werten, gegeben durch das 50., 75. und 95. Perzentil der kumulativen Verteilung gültiger Protection Levels der Geschwindigkeit in Ost-West-Richtung, die für dieses angestrebte Integritätsrisiko berechnet wurden.	Das Integritätsrisiko der Geschwindigkeit in Ost-West-Richtung ist die Wahrscheinlichkeit, dass der Geschwindigkeitsfehler in Ost-West-Richtung den Protection Level der Geschwindigkeit in Ost-West-Richtung überschreitet, vorausgesetzt, er ist als gültig markiert. Die Rate irreführender Informationen der Geschwindigkeit in Ost-West-Richtung ist die empirische Rate, bei der der Geschwindigkeitsfehler in Ost-West-Richtung den Protection Level der Geschwindigkeit in Ost-West-Richtung überschreitet, vorausgesetzt, er ist als gültig markiert.
	Nord-Süd	Die Leistung des Protection Levels der Geschwindigkeit in Nord-Süd-Richtung für ein bestimmtes angestrebtes Integritätsrisiko (z. B. $1E-6$) ist definiert als die Menge aus drei statistischen Werten, gegeben durch das 50., 75. und 95. Perzentil der kumulativen Verteilung gültiger Protection Levels der Geschwindigkeit in Nord-Süd-Richtung, die für dieses angestrebte Integritätsrisiko berechnet wurden.	Das Integritätsrisiko der Geschwindigkeit in Nord-Süd-Richtung ist die Wahrscheinlichkeit, dass der Geschwindigkeitsfehler in Nord-Süd-Richtung den Protection Level der Geschwindigkeit in Nord-Süd-Richtung überschreitet, vorausgesetzt, er ist als gültig markiert. Die Rate irreführender Informationen der Geschwindigkeit in Nord-Süd-Richtung ist die empirische Rate, bei der der Geschwindigkeitsfehler in Nord-Süd-Richtung den Protection Level der Geschwindigkeit in Nord-Süd-Richtung überschreitet, vorausgesetzt, er ist als gültig markiert.
	Fahrtrichtung	Die Leistung des Protection Levels der Geschwindigkeit in Fahrtrichtung für ein bestimmtes angestrebtes Integritätsrisiko (z. B. $1E-6$) ist definiert als die Menge aus drei statistischen Werten, gegeben durch das 50., 75. und 95. Perzentil der kumulativen Verteilung gültiger Protection Levels der Geschwindigkeit in Fahrtrichtung, die für dieses angestrebte Integritätsrisiko berechnet wurden.	Das Integritätsrisiko der Geschwindigkeit in Fahrtrichtung ist die Wahrscheinlichkeit, dass der Geschwindigkeitsfehler in Fahrtrichtung den Protection Level der Geschwindigkeit in Fahrtrichtung überschreitet, vorausgesetzt, er ist als gültig markiert. Die Rate irreführender Informationen der Geschwindigkeit in Fahrtrichtung ist die empirische Rate, bei der der Geschwindigkeitsfehler in Fahrtrichtung den Protection Level der Geschwindigkeit in Fahrtrichtung überschreitet, vorausgesetzt, er ist als gültig markiert.

Ausgabe	Komponente	Leistungsmetrik der Protection Level	IR- und MIR-Metriken
	Querrichtung	Die Leistung des Protection Levels der Geschwindigkeit in Querrichtung für ein bestimmtes angestrebtes Integritätsrisiko (z. B. $1E-6$) ist definiert als die Menge aus drei statistischen Werten, gegeben durch das 50., 75. und 95. Perzentil der kumulativen Verteilung gültiger Protection Levels der Geschwindigkeit in Querrichtung, die für dieses angestrebte Integritätsrisiko berechnet wurden.	<p>Das Integritätsrisiko der Geschwindigkeit in Querrichtung ist die Wahrscheinlichkeit, dass der Geschwindigkeitsfehler in Querrichtung den Protection Level der Geschwindigkeit in Querrichtung überschreitet, vorausgesetzt, er ist als gültig markiert.</p> <p>Die Rate irreführender Informationen der Geschwindigkeit in Querrichtung ist die empirische Rate, bei der der Geschwindigkeitsfehler in Querrichtung den Protection Level der Geschwindigkeit in Querrichtung überschreitet, vorausgesetzt, er ist als gültig markiert.</p>
	Vertikal	Die Leistung des Protection Levels der vertikalen Geschwindigkeit für ein bestimmtes angestrebtes Integritätsrisiko (z. B. $1E-6$) ist definiert als die Menge aus drei statistischen Werten, gegeben durch das 50., 75. und 95. Perzentil der kumulativen Verteilung gültiger Protection Levels der vertikalen Geschwindigkeit, die für dieses angestrebte Integritätsrisiko berechnet wurden.	<p>Das Integritätsrisiko der vertikalen Geschwindigkeit ist die Wahrscheinlichkeit, dass der vertikale Geschwindigkeitsfehler den Protection Level der vertikalen Geschwindigkeit überschreitet, vorausgesetzt, er ist als gültig markiert.</p> <p>Die Rate irreführender Informationen der vertikalen Geschwindigkeit ist die empirische Rate, bei der der vertikale Geschwindigkeitsfehler den Protection Level der vertikalen Geschwindigkeit überschreitet, vorausgesetzt, er ist als gültig markiert.</p>
Protection Level der Schnelligkeit	3D-Vektor	Die Leistung des Protection Levels der Schnelligkeit für ein bestimmtes angestrebtes Integritätsrisiko (z. B. $1E-6$) ist definiert als die Menge aus drei statistischen Werten, gegeben durch das 50., 75. und 95. Perzentil der kumulativen Verteilung gültiger Protection Levels der Schnelligkeit, die für dieses angestrebte Integritätsrisiko berechnet wurden.	<p>Das Integritätsrisiko der Schnelligkeit ist die Wahrscheinlichkeit, dass der Schnelligkeitsfehler den Protection Level der Schnelligkeit überschreitet, vorausgesetzt, er ist als gültig markiert.</p> <p>Die Rate irreführender Informationen der Schnelligkeit ist die empirische Rate, bei der der Schnelligkeitsfehler den Protection Level der Schnelligkeit überschreitet, vorausgesetzt, er ist als gültig markiert.</p>
	Horizontal	Die Leistung des Protection Levels der horizontalen Schnelligkeit für ein bestimmtes angestrebtes Integritätsrisiko (z. B. $1E-6$) ist definiert als die Menge aus drei statistischen Werten, gegeben durch das 50., 75. und 95. Perzentil der kumulativen Verteilung gültiger Protection Levels der horizontalen Schnelligkeit, die für dieses angestrebte Integritätsrisiko berechnet wurden.	<p>Das Integritätsrisiko der horizontalen Schnelligkeit ist die Wahrscheinlichkeit, dass der horizontale Schnelligkeitsfehler den Protection Level der horizontalen Schnelligkeit überschreitet, vorausgesetzt, er ist als gültig markiert.</p> <p>Die Rate irreführender Informationen der horizontalen Schnelligkeit ist die empirische Rate, bei der der horizontale Schnelligkeitsfehler den Protection Level der horizontalen Schnelligkeit überschreitet, vorausgesetzt, er ist als gültig markiert.</p>

Ausgabe	Komponente	Leistungsmetrik der Protection Level	IR- und MIR-Metriken
Protection Level der Stellung	Bewegungsrichtung	Die Leistung des Protection Levels der Bewegungsrichtung für ein bestimmtes angestrebtes Integritätsrisiko (z. B. 1E-6) ist definiert als die Menge aus drei statistischen Werten, gegeben durch das 50., 75. und 95. Perzentil der kumulativen Verteilung gültiger Protection Levels der Bewegungsrichtung, die für dieses angestrebte Integritätsrisiko berechnet wurden.	Das Integritätsrisiko der Bewegungsrichtung ist die Wahrscheinlichkeit, dass der Bewegungsrichtungsfehler den Protection Level der Bewegungsrichtung überschreitet, vorausgesetzt, er ist als gültig markiert. Die Rate irreführender Informationen der Bewegungsrichtung ist die empirische Rate, bei der der Bewegungsrichtungsfehler den Protection Level der Bewegungsrichtung überschreitet, vorausgesetzt, er ist als gültig markiert.
	Nicken	Die Leistung des Protection Levels des Nickens für ein bestimmtes angestrebtes Integritätsrisiko (z. B. 1E-6) ist definiert als die Menge aus drei statistischen Werten, gegeben durch das 50., 75. und 95. Perzentil der kumulativen Verteilung gültiger Protection Levels des Nickens, die für dieses angestrebte Integritätsrisiko berechnet wurden.	Das Integritätsrisiko des Nickens ist die Wahrscheinlichkeit, dass der Nickfehler den Protection Level des Nickens überschreitet, vorausgesetzt, er ist als gültig markiert. Die Rate irreführender Informationen des Nickens ist die empirische Rate, bei der der Nickfehler den Protection Level des Nickens überschreitet, vorausgesetzt, er ist als gültig markiert.
	Rollens	Die Leistung des Protection Levels des Rollens für ein bestimmtes angestrebtes Integritätsrisiko (z. B. 1E-6) ist definiert als die Menge aus drei statistischen Werten, gegeben durch das 50., 75. und 95. Perzentil der kumulativen Verteilung gültiger Protection Levels des Rollens, die für dieses angestrebte Integritätsrisiko berechnet wurden.	Das Integritätsrisiko des Rollens ist die Wahrscheinlichkeit, dass der Rollfehler den Protection Level des Rollens überschreitet, vorausgesetzt, er ist als gültig markiert. Die Rate irreführender Informationen des Rollens ist die empirische Rate, bei der der Rollfehler den Protection Level des Rollens überschreitet, vorausgesetzt, er ist als gültig markiert.

Tabelle 3 — Zusammenfassung der Verfügbarkeitsmetriken

Ausgabe ⁷	Verfügbarkeitsmetrik
Position	Die Positionsverfügbarkeit (T) ist der Prozentsatz an Betriebszeitintervallen der Länge T ^a , während derer das Ortungsendgerät mindestens eine gültige Positionsangabe bereitstellt. Das Kriterium, anhand dessen entschieden wird, ob eine Ausgabe als gültig markiert wird, ist in dieser Norm nicht relevant und muss vom GBPT-Hersteller nicht offengelegt werden. Es wird aber davon ausgegangen, dass das Gültigkeits-Flag oder dessen Anzeiger vom GBPT als Teil der Positionsangabennachricht bereitgestellt wird (entweder global oder einzeln für jeden relevanten Teil der Ausgabe: Position, Geschwindigkeit, Stellung, Protection Levels usw.). Der Gültigkeitsanzeiger darf als analog zum Qualitätsanzeiger der Positionslösung in einem Standard-GPGGA-NMEA-Datensatz angesehen werden.
Geschwindigkeit/ Schnelligkeit	Die Verfügbarkeit der Geschwindigkeit/Schnelligkeit (T) ist der Prozentsatz an Betriebszeitintervallen der Länge T, während derer das Ortungsendgerät mindestens eine gültige Geschwindigkeits-/Schnelligkeitsangabe bereitstellt.
Stellung	Die Stellungsverfügbarkeit (T) ist der Prozentsatz an Betriebszeitintervallen der Länge T, während derer das Ortungsendgerät mindestens eine gültige Stellungsangabe bereitstellt.
Protection Level	Die Verfügbarkeit des Protection Levels ist der Prozentsatz an Betriebszeitintervallen der Länge T, während derer das Ortungsendgerät mindestens eine gültige Ausgabe zum Protection Level bereitstellt.
^a Die Länge des Zeitintervalls T sollte für jede Anwendung den besonderen Erfordernissen entsprechend festgelegt werden.	

⁷ Diese Definition kann für jede einzelne Komponente der entsprechenden Ausgabe spezifiziert werden (z. B. horizontale Position im Fall einer Positionsangabe, Geschwindigkeit in Fahrtrichtung oder horizontale Schnelligkeit im Fall einer Geschwindigkeits-/Schnelligkeitsangabe, Bewegungsrichtung im Fall einer Stellungsangabe, horizontaler Protection Level im Fall einer Ausgabe zum Protection Level), da das Ortungsendgerät nur eine Teilmenge davon ausgeben darf (z. B. nur den horizontalen Protection Level ohne den vertikalen Protection Level, oder nur Bewegungsrichtung ohne Nicken und Rollen).

Tabelle 4 — Zusammenfassung der Kontinuitätsmetriken

Ausgabe ⁸	Kontinuitätsmetrik
Position	<p>Die Positionskontinuität (T) ist der Prozentsatz an Betriebszeitintervallen der Länge T^a, während derer das Ortungsendgerät gültige Positionsausgaben mit der erforderlichen Geschwindigkeit und ohne Unterbrechungen bereitstellt,⁹ berechnet aus jenen Intervallen der Länge T, vor denen gültige Positionsausgaben bereitgestellt wurden.¹⁰</p> <p>Das Kriterium, anhand dessen entschieden wird, ob eine Ausgabe als gültig markiert wird, ist in dieser Norm nicht relevant und muss vom GBPT-Hersteller nicht offengelegt werden. Es wird aber davon ausgegangen, dass das Gültigkeits-Flag oder dessen Anzeiger vom GBPT als Teil der Positionsausgabenachricht bereitgestellt wird (entweder global oder einzeln für jeden relevanten Teil der Ausgabe: Position, Geschwindigkeit, Stellung, Protection Levels usw.). Der Gültigkeitsanzeiger darf als analog zum Qualitätsanzeiger der Positionslösung in einem Standard-GPGGA-NMEA-Datensatz angesehen werden.</p>
Geschwindigkeit/ Schnelligkeit	<p>Die Geschwindigkeits-/Schnelligkeitskontinuität (T) ist der Prozentsatz an Betriebszeitintervallen der Länge T, während derer das Ortungsendgerät gültige Geschwindigkeits-/Schnelligkeitsausgaben mit der erforderlichen Geschwindigkeit und ohne Unterbrechungen bereitstellt, berechnet aus jenen Intervallen der Länge T, vor denen gültige Geschwindigkeits-/Schnelligkeitsausgaben bereitgestellt wurden.</p>
Stellung	<p>Die Stellungskontinuität (T) ist der Prozentsatz an Betriebszeitintervallen der Länge T, während derer das Ortungsendgerät gültige Stellungsausgaben mit der erforderlichen Geschwindigkeit und ohne Unterbrechungen bereitstellt, berechnet aus jenen Intervallen der Länge T, vor denen gültige Stellungsausgaben bereitgestellt wurden.</p>
Protection Level	<p>Die Kontinuität des Protection Levels (T) ist der Prozentsatz an Betriebszeitintervallen der Länge T, während derer das Ortungsendgerät gültige Ausgaben zum Protection Level mit der erforderlichen Geschwindigkeit und ohne Unterbrechungen bereitstellt, berechnet aus jenen Intervallen der Länge T, vor denen gültige Ausgaben zum Protection Level bereitgestellt wurden.</p>
<p>^a Die Länge des Zeitintervalls T sollte für jede Anwendung den besonderen Erfordernissen entsprechend festgelegt werden.</p>	

- 8 Diese Definition kann für jede einzelne Komponente der entsprechenden Ausgabe spezifiziert werden (z. B. horizontale Position im Fall einer Positionsausgabe, Geschwindigkeit in Fahrtrichtung oder horizontale Schnelligkeit im Fall einer Geschwindigkeits-/Schnelligkeitsausgabe, Bewegungsrichtung im Fall einer Stellungsausgabe, horizontaler Protection Level im Fall einer Ausgabe zum Protection Level), da das Ortungsendgerät nur eine Teilmenge davon ausgeben darf (z. B. nur den horizontalen Protection Level ohne den vertikalen Protection Level, oder nur Bewegungsrichtung ohne Nicken und Rollen).
- 9 Die erforderliche Geschwindigkeit richtet sich nach den Anforderungen der Anwendungsschicht; „ohne Unterbrechungen“ bedeutet, dass keine Schwankungen oder Störungen der Ausgabegeschwindigkeit auftreten, die als Verlust einer oder mehrerer Ausgabepochen betrachtet werden können.
- 10 Wenn die Ausgabe von Interesse unmittelbar vor dem Beginn eines Intervalls der Länge T nicht verfügbar ist, wird das entsprechende Intervall hinsichtlich der Kontinuität außer Betracht gelassen, da sich die Kontinuität auf die Fähigkeit bezieht, bereits verfügbare Ausgaben nicht wieder zu verlieren.

Tabelle 5 — Zusammenfassung der Zeitsteuerungsmetriken

Variable	Typ	Zeitsteuerungsmetrik
Ausgabelatenzzeit	N/A	Die Ausgabelatenzzeit ist die Zeit, die zwischen dem Zeitpunkt, auf den sich die PVT-Ausgabe bezieht (wiedergegeben durch ihren Zeitstempel), und dem Zeitpunkt, an dem sie vom Ortungsendgerät ausgegeben wird, verstreicht.
Ausgabegeschwindigkeit	N/A	Die Ausgabegeschwindigkeit ist die Umkehrfunktion der zwischen aufeinanderfolgenden PVT-Ausgaben des Ortungsendgerätes verstreichenden Zeit (in Hz).
Stabilität der Ausgabelatenzzeit	N/A	Die Stabilität der Ausgabelatenzzeit ist definiert als die Menge aus drei statistischen Werten, gegeben durch das 50., 75. und 95. Perzentil der kumulativen Verteilung von Fehlern der Ausgabelatenzzeit. ¹¹
Stabilität der Ausgabegeschwindigkeit	N/A	Die Stabilität der Ausgabegeschwindigkeit ist definiert als die Menge aus drei statistischen Werten, gegeben durch das 50., 75. und 95. Perzentil der kumulativen Verteilung von Fehlern der Ausgabegeschwindigkeit. ¹²
Time To First Fix (TTFF)	langfristig	Die langfristige TTFF entspricht dem Durchschnittswert — welcher zusammen mit der entsprechenden Standardabweichung angegeben werden muss — einer Probe von TTFF-Messungen, die jeweils unmittelbar nach einer Dauer der Inaktivität des GBPT von einer Woche durchgeführt wurden.
	mittelfristig	Die mittelfristige TTFF entspricht dem Durchschnittswert — welcher zusammen mit der entsprechenden Standardabweichung angegeben werden muss — einer Probe von TTFF-Messungen, die jeweils unmittelbar nach einer Dauer der Inaktivität des GBPT von einem Tag durchgeführt wurden.
	kurzfristig	Die kurzfristige TTFF entspricht dem Durchschnittswert — welcher zusammen mit der entsprechenden Standardabweichung angegeben werden muss — einer Probe von TTFF-Messungen, die jeweils unmittelbar nach einer Dauer der Inaktivität des GBPT von einer Minute durchgeführt wurden.

Es ist zu beachten, dass die TTFF-Metriken nicht die Probengröße festlegen, die zur Berechnung der mittleren Abweichung und der Standardabweichung benötigt wird. Die Probengröße wird nicht als Teil der begrifflichen Definition des Metrik angesehen, sondern eher als Parameter, der auf der Grundlage von einsatzbezogenen Erwägungen (z. B. einer Zertifizierung oder eines Qualifizierungsprozesses) zu bestimmen ist. Als Richtwert kann jedoch eine Probengröße von 30 angenommen werden, welche groß genug ist, um statistisch signifikante Zahlen bereitzustellen, während Länge, Komplexität und Kosten von Prüfverfahren minimiert werden.

Außerdem müssen die TTFF-Proben die Einschaltzeitpunkte des GBPT berücksichtigen, die so einheitlich wie möglich über die Länge der Navigationsnachricht oder den relevanten periodischen Teil davon (z. B. den GPS-Navigationssubrahmen) verteilt sind. Andernfalls könnten die TTFF-Statistiken Abweichungen aufweisen (wenn das Einschalten eines GBPT z. B. immer einige Sekunden vor dem Starten der Nachricht stattfindet, könnten übermäßig optimistische Ergebnisse erzielt werden, wobei übermäßig pessimistische Ergebnisse erhalten werden, wenn alle Einschaltzeitpunkte einige Sekunden nach dem Starten der Nachricht gewählt werden). Sind verschiedene Konstellationen (mit unterschiedlichen Nachrichtenlängen) einbezogen,

11 Der Fehler der Ausgabelatenzzeit wird als die Differenz zwischen der tatsächlichen Ausgabelatenzzeit und ihrem Nennwert verstanden (der z. B. in den Spezifikationen des Ortungsendgerätes angegeben ist), wiedergegeben als absoluter Wert.

12 Der Fehler der Ausgabegeschwindigkeit wird als die Differenz zwischen der tatsächlichen Ausgabegeschwindigkeit und ihrem Nennwert verstanden (der z. B. in den Spezifikationen des Ortungsendgerätes angegeben ist), wiedergegeben als absoluter Wert.

müssen die Einschaltzeitpunkte unter Berücksichtigung aller beteiligten Nachrichtenlängen so einheitlich wie möglich verteilt werden (z B. durch die Wahl einer dichten Probe, falls nötig).

5.6 Einführung in die Leistungsanforderungen

Die zuvor festgelegten Metriken dienen als Basis für die Erstellung von Leistungsanforderungen an das *Ortungsendgerät*, welche die Leistungserwartungen, die das *Ortungsendgerät* erfüllen muss, formalisieren.

In diesem Abschnitt wird ein Verfahrensbeispiel für eine Feststellung von eindeutigen und überprüfbaren Leistungsanforderungen an ein *Ortungsendgerät* angegeben, die mit den zuvor definierten Metriken vereinbar ist. Das Beispiel soll nicht zur Identifizierung tatsächlicher Leistungswerte (quantitative Zahlen) des *Ortungsendgerätes* dienen, sondern lediglich aufzeigen, wie diese Leistungsanforderungen zu erstellen sind.

Leistungen werden vom Typ der Umgebung (freier Himmel, Stadtgebiet usw.) stark beeinflusst, weshalb Leistungsanforderungen für ein bestimmtes *Einsatzszenario* definiert werden müssen. Abschnitt 4 enthält eine Definition des *Einsatzszenarios*, eine Klassifizierung der *Referenzumgebungen* sowie ein Verfahren zur Charakterisierung der Prüfumgebungen für die Einsatzprüfung.

Nachfolgend ist ein Beispiel für die Formulierung einer Anforderung an die horizontale Positionsgenauigkeit in einem vorgegebenen Szenario S (an dieser Stelle nicht näher beschrieben) angegeben.

Das 50., 75. und 95. Perzentil der Verteilung von horizontalen Fehlern, die aus gültigen Positionsausgaben des GBPT in Szenario S erhalten wurde, muss kleiner als 3, 10 bzw. 17 m sein.

Bild 6 zeigt einen Graph, der Referenzleistungen vergleicht, die in der Anforderung (Kurve 1) festgelegt wurden, sowie Beispiele von Ortungsendgeräten, die diese Anforderung erfüllen oder nicht erfüllen. Die abgebildeten Kurven stellen die kumulativen Verteilungen der Fehler dar. Kurve 2 bezieht sich auf ein konformes Ortungsendgerät, während Kurve 3 und Kurve 4 nicht konforme Endgeräte widerspiegeln. Im Fall von Kurve 4 erfüllen zwei der Perzentile (das 50. und das 75.) die Anforderung, das dritte Perzentil (das 95.) erfüllt die Anforderung jedoch nicht, sodass die Gesamtanforderung als nicht erfüllt gilt.