

DIN EN 16803-1

ICS 03.220.20; 33.060.30; 35.240.60

**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 EN 16803-1:2016**

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 EN 16803-1:2016

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 EN 16803-1:2016

Gesamtumfang 90 Seiten

DIN-Normenausschuss Luft- und Raumfahrt (NL)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 16803-1:2016) wurde im Technischen Komitee CEN/CLC/TC 5 „Raumfahrt“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 131-06-02 AA „Interoperabilität von Informations-, Kommunikations- und Navigationssystemen (Spiegelausschuss zu CEN/CLC/TC 5)“ im DIN-Normenausschuss Luft- und Raumfahrt (NL).

Entsprechend Beschluss 57/9 des Technischen Ausschusses des Beirats des DIN-Normenausschusses Luft- und Raumfahrt (NL) sind die europäischen Luft- und Raumfahrt-Normungsergebnisse zweisprachig, in Deutsch und Englisch, in das Deutsche Normenwerk zu überführen. Aus diesem Grund wurde der Deutschen Fassung dieses Dokuments die Englische Fassung hinzugefügt.

Dieses Dokument wurde speziell zur Behandlung von Raumfahrtsystemen erarbeitet und hat daher Vorrang vor jeglicher Europäischer Norm, die denselben Anwendungsbereich hat, jedoch über einen größeren Geltungsbereich (z. B. Luft- und Raumfahrt) verfügt.

Deutsche Fassung

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

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

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

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 1. Juli 2016 angenommen.

Die CEN und CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum des CEN-CENELEC oder bei jedem CEN und CENELEC-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN und CENELEC-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN- und CENELEC-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute und elektrotechnischen Komitees von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, der ehemaligen jugoslawischen Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



CEN-CENELEC Management Centre:
Avenue Marnix 17, B-1000 Brussels

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	3
Einleitung	4
1 Anwendungsbereich	7
2 Begriffe	7
3 Beschreibung der generischen Architektur eines GNSS-basierten ITS für den Straßenverkehr	14
4 Definition der Leistungsmetriken für Ortungsendgeräte	16
5 Einsatzszenarien	25
6 Sensitivitätsanalyse	29
7 PVT-Fehlermodelle	34
Anhang A (informativ) Grundprinzip der Metriken für die Ortungsleistung	38
A.1 Allgemeines	38
A.2 Leistungsmetriken	38
A.2.1 Genauigkeitsmetriken	38
A.2.2 Integritätsmetriken	39
A.2.2.1 Integritätsrisiko	39
A.2.2.2 Leistung des Protection Levels	40
A.2.3 Verfügbarkeitsmetriken	40
A.2.4 Leistungsmetriken der Zeitsteuerung	41
A.3 Einführung in die Leistungsanforderungen	43
Literaturhinweise	46
Bilder	
Bild 1 — Die zwei Hauptkomponenten eines ITS für den Straßenverkehr	4
Bild 2 — Logik des Ansatzes zum Gesamtleistungsmanagement	5
Bild 3 — Generisches Verfahren der Leistungszuweisung	6
Bild 4 — Generische Architektur eines ITS für den Straßenverkehr	14
Bild 5 — Grundlegendes Prinzip der Sensitivitätsanalyse	31
Bild 6 — Abbildung zufallsgenerierter degradierter Trajektorien	35
Bild 7 — Konformitätsbeurteilung von PVT-Fehlermodellen	37
Bild A.1 — Beispiele für horizontale Genauigkeitsanforderungen und Ortungsendgeräte, die diese erfüllen oder nicht erfüllen	44
Bild A.2 — Genauigkeitsbezogene Leistungsklassen für ein bestimmtes Szenario	45

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN 16803-1:2016) wurde vom Technischen Komitee CEN-CENELEC/TC 5 „Raumfahrt“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis April 2017, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis April 2017 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN [und/oder CENELEC] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument wurde unter einem Mandat erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone dem CEN erteilt haben.

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 2¹⁾: *Leistungsüberprüfungen von GNSS-basierten Ortungsendgeräten;*
- Teil 3¹⁾: *Sicherheitsaspekte von Leistungsüberprüfungen.*

Entsprechend der CEN-CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

1) In Vorbereitung

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, en: Intelligent Transport Systems), überwiegend im Bereich der ITS für den Straßenverkehr;
- Standortbezogene Dienste (LBS, en: Location Based Services), zugänglich auf Smartphones und Tablets.

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 mindesterforderlichen Leistungsfähigkeiten, um den endgültigen Systemanforderungen auf Benutzerebene 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; en: Position – Velocity – Time) eines *GNSS-basierten Ortungsendgerätes* (GBPT, en: GNSS-based positioning terminal) 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 1 zeigt die Einteilung von *ITS für den Straßenverkehr* in die zwei Hauptkomponenten.

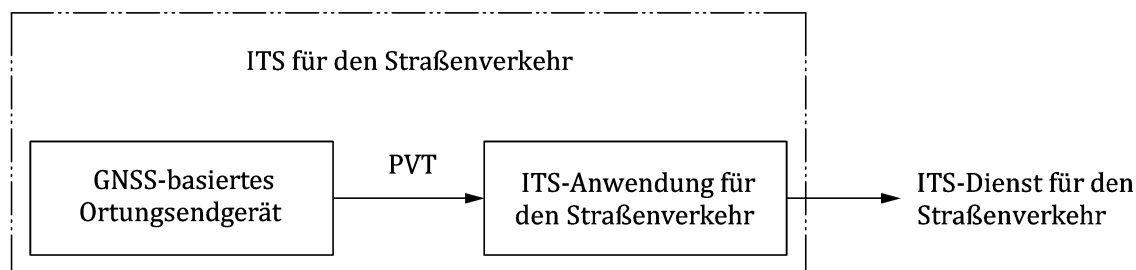


Bild 1 — Die zwei Hauptkomponenten eines ITS für den Straßenverkehr

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

- GNSS-basierte Nutzungsgebührensysteme 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:

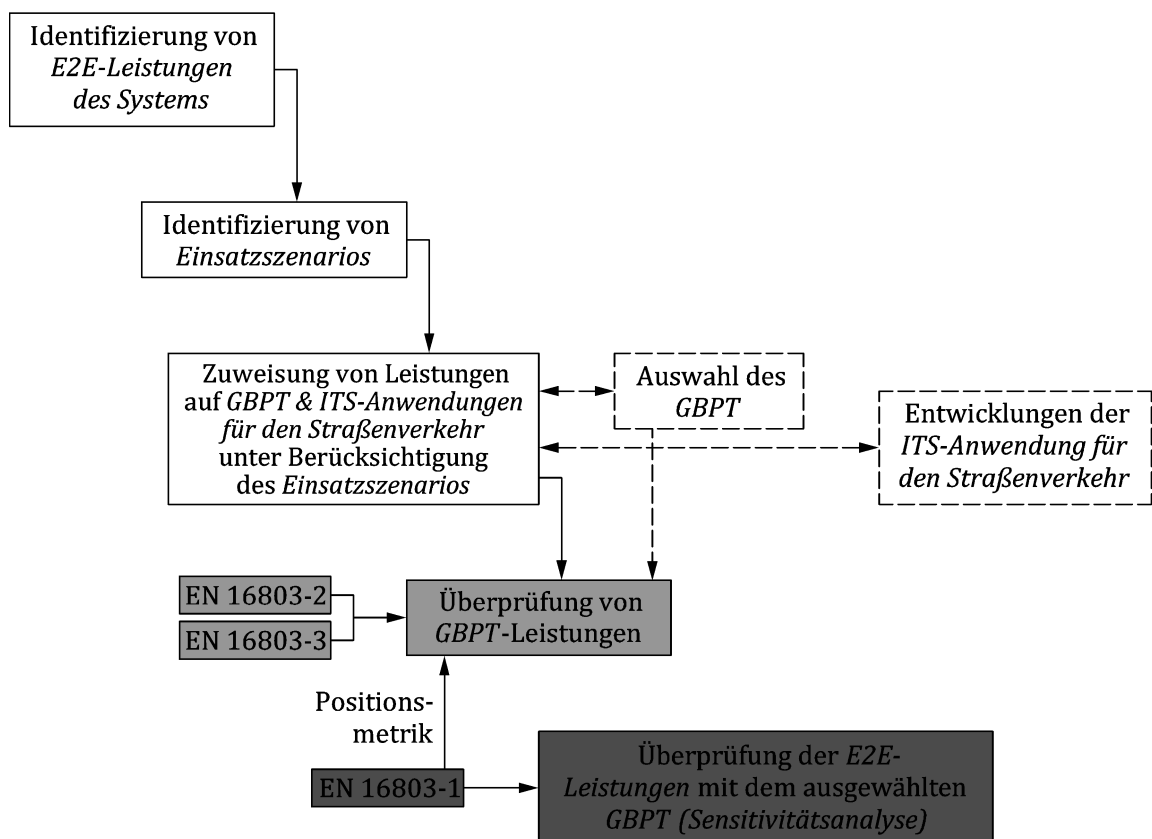


Bild 2 — Logik des Ansatzes zum Gesamtleistungsmanagement

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:

- das GNSS-basierte Ortungsendgerät (GBPT);
- 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 *GBPTs*, 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 untenstehenden Gesamtschema erfolgen:

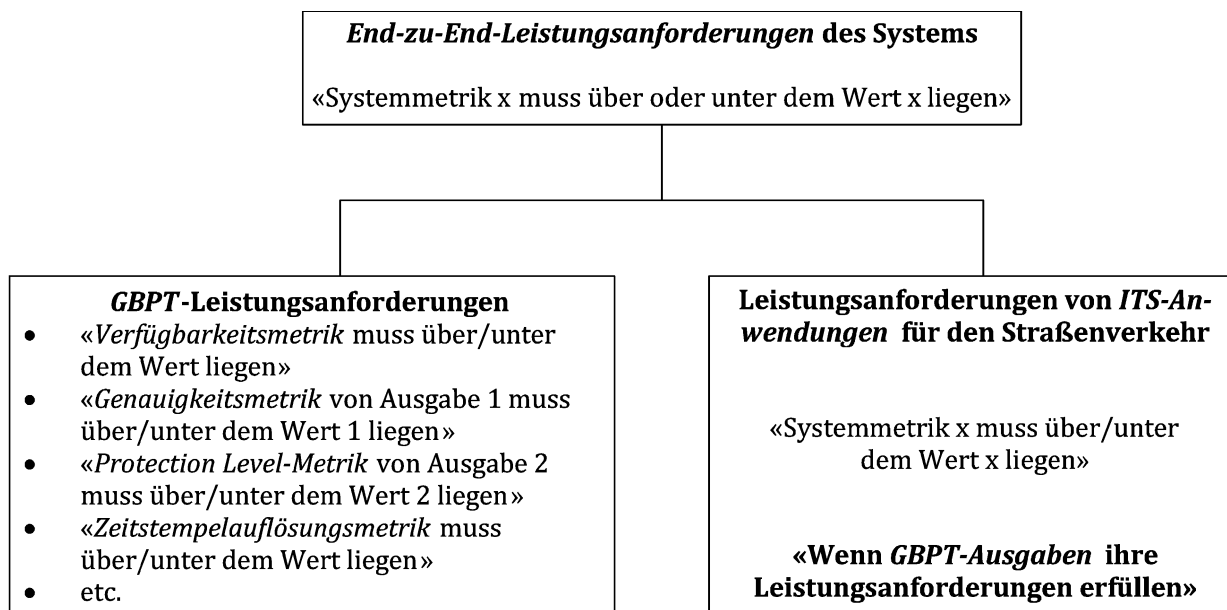


Bild 3 — Generisches Verfahren der Leistungszuweisung

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

ANMERKUNG Abhängig von der Anwendung kann es sein, dass die Leistungsanforderungen nur auf die Positionsausgabe oder nur auf die Geschwindigkeitsausgabe durch das *GBPT* gelegt 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.

1 Anwendungsbereich

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

EN 16803-1 behandelt die Überprüfung der *GBPT*-Leistung, da sie die in der Definition der *GBPT*-Leistungsanforderung anzuwendenden Ortungsleistungsmerkmale und -metriken identifiziert und definiert.

Diese Europäische Norm 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.

Diese Europäische Norm 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.

Diese Europäische Norm 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 *GBPT*-Leistungsüberprüfung (Einsatzprüfungen für diesen Zweck werden in den Dokumenten EN 16803-2²⁾ und EN 16803-3²⁾ behandelt).

2 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

2.1 Allgemeine Begriffe

2.1.1

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.

2.1.2

Epoche

Zeit, zu der eine GNSS-Messung gemacht wird

2.1.3

GNSS

(en: Global Navigation Satellite Systems)

globales Navigationssatellitensystem

allgemeine Abkürzung für Satellitennavigationssysteme

2) In Vorbereitung

2.1.4

GPS

(en: Global Positioning System)

globales Positionsbestimmungssystem

Name des amerikanischen Navstar-GPS-Satellitennavigationssystem

2.1.5

ITS

(en: Intelligent Transport Systems)

Intelligente Transportsysteme

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

2.1.6

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

2.1.7

Navigationsnachricht

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

2.1.8

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.

2.1.9

Leistungsklasse

für eine bestimmte Leistungsmetrik durch zwei Grenzen eingegrenzter Bereich

2.1.10

Leistungsmerkmal

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

BEISPIEL *Genauigkeit in einem Ortungssystem.*

2.1.11

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.

2.1.12

Ortung

Vorgang der Ortsbestimmung eines mobilen Objektes oder einer Person

2.1.13

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*.

2.1.14

SBAS

(en: Satellite Based Augmentation System)

satellitengestütztes Erweiterungssystem

regionales Erweiterungssystem von vollständigen Systemen

BEISPIEL GPS oder GLONASS sind Beispiele für regionale Erweiterungssysteme.

Anmerkung 1 zum Begriff: In Europa ist EGNOS das regionale SBAS-System.

2.1.15

Trajektorie

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

2.2 Spezifische Begriffe

2.2.1

Anwendungsgröße

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

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

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

2.2.2

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* (en: Time to First Fix) verringert und die Empfindlichkeitsschwelle für die Datenerfassung herabgesetzt.

2.2.3

GNSS-Bezugsgrößenempfänger

jede Art von standardmäßigem, kostengünstigem und hoch sensiblen GNSS-Empfänger, der in der Lage ist, Pseudostreckenmessungen bereitzustellen

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

2.2.4

E2E-Leistung

End-zu-End-Leistung

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

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

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

2.2.5

Geofencing

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

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

2.2.6

Geo-Objekt

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

2.2.7

Integrität

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

Anmerkung 1 zum Begriff: Dieses Merkmal wird durch zwei Größen wiedergegeben: dem *Protection Level* und dem damit verbundenen *Integritätsrisiko*.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die in dieser Europäischen Norm verwendete Definition von Integrität basiert auf der Definition des gleichen Begriffs für die Gemeinschaft der Zivilluftfahrt in ISO/TS 17444-1:2012, ist jedoch deutlich einfacher gehalten.

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

2.2.8

IR

Integritätsrisiko

bei *Ortungsendgeräten*, die einen *Protection Level* als integritätsbezogene Größe bereitstellen, Wahrscheinlichkeit, dass der tatsächliche Fehler bei einer gegebenen *Positions-* oder *Geschwindigkeitskomponente* den damit verbundenen *Protection Level* für diese Komponente überschreitet

2.2.9

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.

2.2.10

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

2.2.11

Position

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

2.2.12

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

2.2.13

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 der vorliegenden Norm 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.

2.2.14

Ortungsmodul

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

2.2.15

ortungsbezogenes ITS für den Straßenverkehr

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

2.2.16

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.

2.2.17

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.

2.2.18

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.

2.2.19

PVT

(en: Position, Velocity and Time)

Position, Geschwindigkeit, Zeit

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

2.2.20

Rohdatenmessung

beschreibt sämtliche 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.

2.2.21

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.

2.2.22

RTMeS

(en: Reference trajectory measurement system)

Messeinrichtung zur Erfassung der Referenztrajektorie

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

2.2.23

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

2.2.24

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

2.2.25

Schnelligkeit

Norm des Geschwindigkeitsvektors

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

2.2.26

Geschwindigkeit

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

2.3 Abkürzungen

2.3.1

FAS

Fahrerassistenzsystem

2.3.2

CDF

(en: Cumulative Distribution Function)
kumulative Verteilungsfunktion

2.3.3

EFC

(en: Electronic Fee Collection)
elektronischer Fahrtenschreiber

2.3.4

E2E

End-zu-End

2.3.5

EGNOS

(en: European Geostationary Navigation Overlay Service)
europäischer geostationärer Navigationsdienst

2.3.6

GBPT

(en: GNSS-based positioning terminal)
GNSS-basiertes Ortungsendgerät

2.3.7

IMU

(en: Inertial Measurement Unit)
inertiale Messeinheit

2.3.8

NLOS

(en: Non Line Of Sight)
Nicht-Sichtverbindung

2.3.9

PDF

(en: Probability Density Function)
Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion

2.3.10

TIR

(en: Target Integrity Risk)
angestrebtes Integritätsrisiko

2.3.11

TTF

Time To First Fix

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

3.1 Generische Architektur

Ein *Ortungsbezogenes ITS für den Straßenverkehr*, das auf GNSS basiert, besteht aus einem *Ortungssystem* und einem *ITS-Anwendungsmodul für den Straßenverkehr*, das durch die Verwendung von Ortungsdaten einen *Dienst* für den Nutzer bereitstellt (Navigationshilfe, Tracking, Detektion von Ereignissen oder Personen usw.). Bild 4 zeigt die Architektur eines solchen Systems.

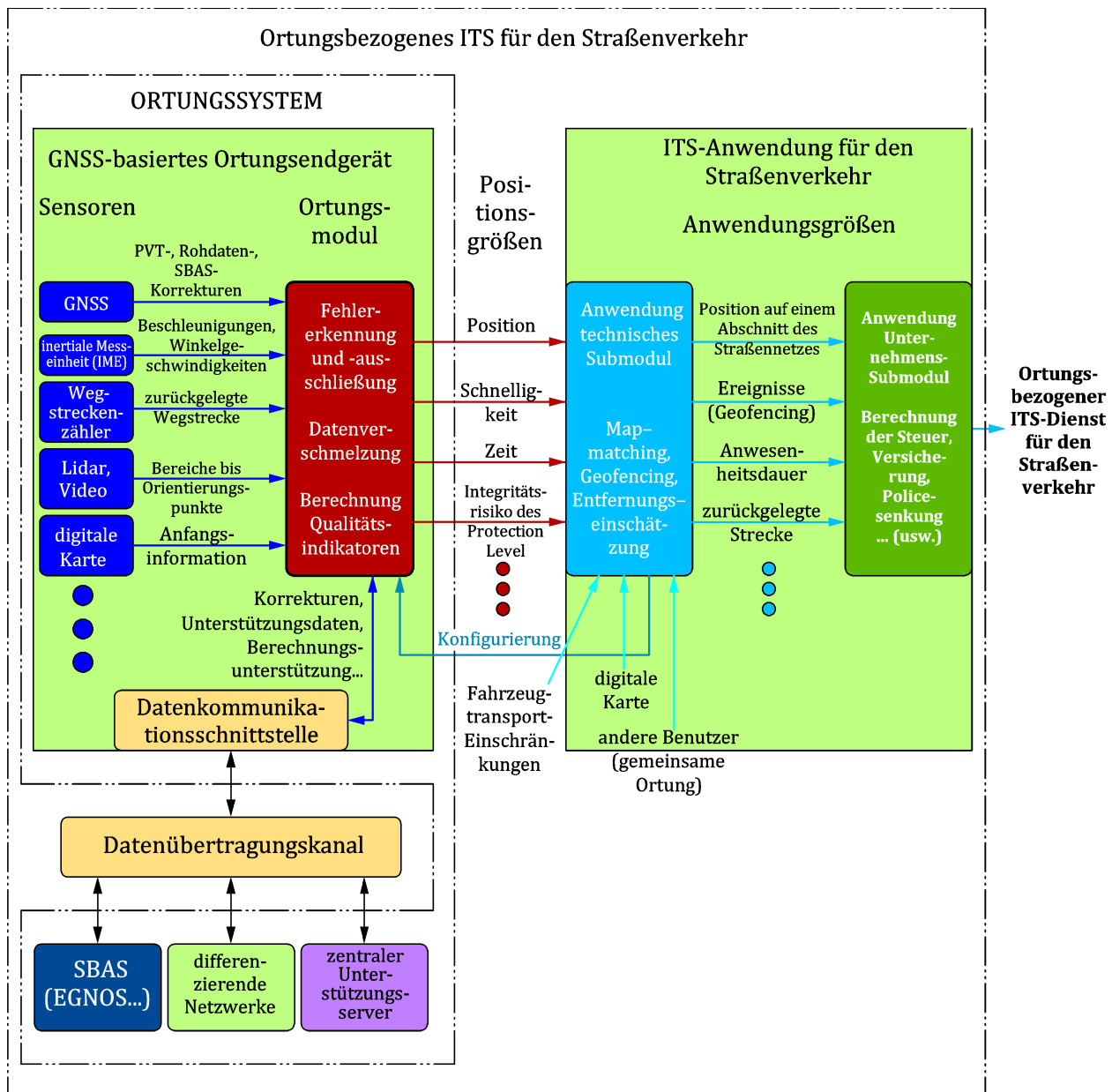


Bild 4 — Generische Architektur eines ITS für den Straßenverkehr

3.2 Komponenten

3.2.1 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 die vorliegende Europäische Norm 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 Fahrzeuges; das *GBPT* befindet sich hingegen immer an Bord und ist als die Komponente vorgesehen, welche die endgültige Positionsangabe an die Anwendung übermittelt.

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

Im Rahmen der vorliegenden Europäischen Norm **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 Fahrzeuges, 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 der Vertikalposition bestehen.

Gleichermaßen 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 der 3D-Geschwindigkeit begrenzt sein.

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

- ein der Begriffsbestimmung in dieser Europäischen Norm entsprechender Protection Level der betroffenen *PVT*-Komponente, d. h. ein 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.

3.2.2 ITS-Anwendung für den Straßenverkehr und Ausgaben

Die *ITS-Anwendung für den Straßenverkehr* ist ein Software-Modul, das für den Anwendungszweck dieser Norm in zwei Submodulen 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 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 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 dieser Europäischen Norm und wird hier lediglich für Fälle berücksichtigt, bei denen die *End-zu-End-Leistungen* des Systems, das den Dienst bereitstellt, auf den *Anwendungsgrößen* basieren.

4 Definition der Leistungsmetriken für Ortungsendgeräte

4.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt behandelt die Festlegung der Ortungsmetriken. Die nachstehend definierten Metriken sind für die Charakterisierung der *PVT*-Leistungen als Grundlage für die Festlegung von Anforderungen sowie für Evaluations- und Validierungszwecke zu verwenden. 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).

4.2 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 Ortungsendgeräts 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 Aufwärtsrichtungen);
- **Schnelligkeit:** ist die Norm des Geschwindigkeitsvektors und beschreibt folglich, wie schnell sich der Nutzer bewegt (in Relation zum Boden), ungeachtet der Richtung. Die Schnelligkeit ist relevant für viele Anwendungen und muss demzufolge gesondert behandelt werden. Bei zusätzlicher Angabe einer Bewegungsrichtung stellt Schnelligkeit eine äquivalente Beschreibung des Geschwindigkeitsvektors dar (vorausgesetzt, die Bewegung ist hauptsächlich horizontal, was üblicherweise bei Landfahrzeugen der Fall ist). In Abhängigkeit von der jeweiligen Anwendung kann es zweckmäßig sein, dem Anwender die Bewegungsinformation in Form von Schnelligkeit und Bewegungsrichtung anzuzeigen. Im Allgemeinen ist der Geschwindigkeitsvektor jedoch am informativsten;
- **Protection Level:** ein *Protection Level* (PL) ist ein Wert, der den Positions- oder Geschwindigkeitsfehler durch das Ortungsendgerät mit einer sehr hohen Wahrscheinlichkeit begrenzt. Demzufolge muss der Protection Level so beschaffen sein, dass die komplementäre Wahrscheinlichkeit (bekannt als *Integritätsrisiko*), dass der Positions- oder Geschwindigkeitsfehler den dazugehörigen Protection Level überschreitet, sehr gering ist. Das angestrebte Integritätsrisiko ist anwendungsspezifisch und dem Ortungsendgerät bekannt, und muss demzufolge nicht mehr als Ausgabe bereitgestellt werden. Der *Protection Level* ist eine Echtzeitgröße und eine dynamische Größe, die für jede Messepoche gültig ist;
- **Qualitätsindikatoren:** zusätzlich zu den oben angeführten Parametern können Qualitätsindikatoren bereitgestellt werden, wie z. B. die *Streuung der Messwerte* (DOP), aus der Schätzung resultierende Kovarianzen usw. Parameter dieser Art lassen lediglich ungenaue Rückschlüsse auf die Qualität der anderen Ausgaben zu, somit gelten sie im Rahmen einer Leistungsmessung als nicht verlässlich und werden in der folgenden Erörterung außer Acht gelassen;
- **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.

4.3 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;
- **Protection Level:** bezeichnet entweder den Protection Level der Position oder der Geschwindigkeit, die sowohl Ausgaben des Ortungsendgerätes als auch Eingaben für die Leistungscharakterisierung sind (d. h. sie müssen nicht weiter bearbeitet werden). In diesem Zusammenhang ist zu beachten, dass für die Messepochen, bei denen das Ortungsendgerät aus irgendwelchen Gründen nicht in der Lage ist, einen

Protection Level zu liefern, zum Zweck der Leistungscharakterisierung eine unendliche Größe angenommen wird;

- **Zeitstempel:** ist der gleiche Wert wie die entsprechende Ausgabe des Ortungsendgerätes;
- **Ausgabezeit:** bezeichnet die Zeit, zu der das Ortungsendgerät seine Ausgabe bereitstellt und wird in Bezug zum selben Zeitrahmen gesetzt wie der Zeitstempel. Diese Zeit liegt immer hinter derjenigen des Zeitstempels. Die Differenz zwischen diesen 2 Zeiten wird als **Ausgabelatenz** bezeichnet.

4.4 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.

Bei diesen Merkmalen handelt es sich um:

- **Genauigkeit:** Sie bezieht sich auf statistische Gütezahlen von Positions-, Geschwindigkeits- oder Schnelligkeitsfehlern (wie in 4.3 beschrieben).
- **Integrität:** Sie bezieht sich auf die Charakteristik des *Protection Levels* und dem damit verbundenen *Integritätsrisiko* in Bezug auf die Zuverlässigkeit (Verifizierung des Risikos), jedoch ebenfalls auf Effizienz und Anwendbarkeit (Größe des *Protection Levels*, die in unmittelbarem Zusammenhang mit der Anwendbarkeit auf die vorgesehene Anwendung steht).
- **Verfügbarkeit:** Sie bezieht sich im Allgemeinen auf den Prozentsatz an Zeit, während der die Ausgabe des Ortungsendgerätes verfügbar ist. 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, in denen das Ortungsendgerät mindestens eine Ausgabe bereitstellt, ermöglicht.
- **Leistungsverhalten der Zeitsteuerung:** Es bezieht sich auf die Genauigkeit des Zeitstempels sowie auf die Latenzzeit der Ausgabe, die Geschwindigkeitsstabilität und Time To First Fix.

4.5 Leistungsmetriken

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenfassung aller Metriken, die für die unterschiedlichen Ausgabekomponenten möglich sind. Das Prinzip, das hierfür Anwendung findet, ist in Anhang A enthalten.

Bei allen untenstehenden 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 dieser Europäischen Norm.

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 (1 von 2)

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 von 3D-Positionsfehlern.
	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 Positionsfehlern.
	Ost	Die Ost-Positionsgenauigkeit ist definiert als die Menge aus drei statistischen Werten, gegeben durch das 50., 75. und 95. Perzentil der kumulativen Verteilung der absoluten Werte von Positionsfehlern entlang der Ost-West-Richtung.
	Nord	Die Nord-Positionsgenauigkeit ist definiert als die Menge aus drei statistischen Werten, gegeben durch das 50., 75. und 95. Perzentil der kumulativen Verteilung der absoluten Werte von Positionsfehlern entlang der Nord-Süd-Richtung.
	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 der absoluten Werte von Positionsfehlern in Fahrtrichtung.
	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 der absoluten Werte von Positionsfehlern in Querrichtung.
	Vertikal	Die vertikale Positionsgenauigkeit ist definiert als die Menge aus drei statistischen Werten, gegeben durch das 50., 75. und 95. Perzentil der kumulativen Verteilung der absoluten Werte von vertikalen Positionsfehlern.
Geschwindigkeit	3D-Vektor	Die 3D-Geschwindigkeitsgenauigkeit ist definiert als die Menge aus drei statistischen Werten, gegeben durch das 50., 75. und 95. Perzentil der kumulativen Verteilung von 3D-Geschwindigkeitsfehlern.
	Horizontal	Die horizontale Geschwindigkeitsgenauigkeit ist definiert als die Menge aus drei statistischen Werten, gegeben durch das 50., 75. und 95. Perzentil der kumulativen Verteilung von horizontalen Geschwindigkeitsfehlern.
	Ost	Die Ost-Geschwindigkeitsgenauigkeit ist definiert als die Menge aus drei statistischen Werten, gegeben durch das 50., 75. und 95. Perzentil der kumulativen Verteilung der absoluten Werte von Geschwindigkeitsfehlern entlang der Ost-West-Richtung.
	Nord	Die Nord-Geschwindigkeitsgenauigkeit ist definiert als die Menge aus drei statistischen Werten, gegeben durch das 50., 75. und 95. Perzentil der kumulativen Verteilung der absoluten Werte von Geschwindigkeitsfehlern entlang der Nord-Süd-Richtung.

Tabelle 1 — Zusammenfassung der Genauigkeitsmetriken (2 von 2)

Ausgabe	Komponente	Genauigkeitsmetrik
	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 der absoluten Werte von Geschwindigkeitsfehlern in Fahrtrichtung.
	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 der absoluten Werte von Geschwindigkeitsfehlern in Querrichtung.
	Vertikal	Die vertikale Geschwindigkeitsgenauigkeit ist definiert als die Menge aus drei statistischen Werten, gegeben durch das 50., 75. und 95. Perzentil der kumulativen Verteilung der absoluten Werte von vertikalen Geschwindigkeitsfehlern.
Schnelligkeit	-	Die Schnelligkeitsgenauigkeit ist definiert als die Menge aus drei statistischen Werten, gegeben durch das 50., 75. und 95. Perzentil der kumulativen Verteilung von Schnelligkeitsfehlern.

Tabelle 2 — Zusammenfassung der Integritätsmetriken (1 von 4)

Ausgabe	Komponente	Leistungsmetrik der Protection Level	Metrik des Integritätsrisikos
Position des Protection Levels	3D-Vektor	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 von Protection Level der 3D-Position, die für dieses angestrebte Integritätsrisiko berechnet wurden.	Das Integritätsrisiko der 3D-Position ist die Wahrscheinlichkeit, dass der 3D-Positionsfehler den Protection Level der 3D-Position überschreitet.
	Horizontal	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 von Protection Level der horizontalen Position, die für dieses angestrebte Integritätsrisiko berechnet wurden.	Das Integritätsrisiko der horizontalen Position ist die Wahrscheinlichkeit, dass der horizontale Positionsfehler den Protection Level der horizontalen Position überschreitet.

Tabelle 2 — Zusammenfassung der Integritätsmetriken (2 von 4)

Ausgabe	Komponente	Leistungsmetrik des Protection Levels	Metrik des Integritätsrisikos
	Ost	Die Leistung des Protection Levels der Position in Ost-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 von Protection Level der Position in Ost-Richtung, die für dieses angestrebte Integritätsrisiko berechnet wurden.	Das Integritätsrisiko der Position in Ost-Richtung ist die Wahrscheinlichkeit, dass der Positionsfehler in Ost-Richtung den Protection Level der Position in Ost-Richtung überschreitet.
	Nord	Die Leistung des Protection Levels der Position in Nord-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 von Protection Level der Position in Nord-Richtung, die für dieses angestrebte Integritätsrisiko berechnet wurden.	Das Integritätsrisiko der Position in Nord-Richtung ist die Wahrscheinlichkeit, dass der Positionsfehler in Nord-Richtung den Protection Level der Position in Nord-Richtung überschreitet.
	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 von Protection Level 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.
	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 von Protection Level 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.

Tabelle 2 — Zusammenfassung der Integritätsmetriken (3 von 4)

Ausgabe	Komponente	Leistungsmetrik des Protection Levels	Metrik des Integritätsrisikos
	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 von Protection Level 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.
Protection Level der Geschwindigkeit	3D-Vektor	Die Leistung des Protection Levels der 3D-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 von Protection Level der 3D-Geschwindigkeit, die für dieses angestrebte Integritätsrisiko berechnet wurden.	Das Integritätsrisiko der 3D-Geschwindigkeit ist die Wahrscheinlichkeit, dass der horizontale Geschwindigkeitsfehler den Protection Level der 3D-Geschwindigkeit überschreitet.
	Horizontal	Die Leistung des Protection Levels der horizontalen 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 von Protection Level der horizontalen Geschwindigkeit, die für dieses angestrebte Integritätsrisiko berechnet wurden.	Das Integritätsrisiko der horizontalen Geschwindigkeit ist die Wahrscheinlichkeit, dass der horizontale Geschwindigkeitsfehler den Protection Level der horizontalen Geschwindigkeit überschreitet.
	Ost	Die Leistung des Protection Levels der Geschwindigkeit in Ost-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 von Protection Level der Geschwindigkeit in Ost-Richtung, die für dieses angestrebte Integritätsrisiko berechnet wurden.	Das Integritätsrisiko der Geschwindigkeit in Ost-Richtung ist die Wahrscheinlichkeit, dass der Fehler der Geschwindigkeit in Ost-Richtung den Protection Level der Geschwindigkeit in Ost-Richtung überschreitet.

Tabelle 2 — Zusammenfassung der Integritätsmetriken (4 von 4)

Ausgabe	Komponente	Leistungsmetrik des Protection Levels	Metrik des Integritätsrisikos
	Nord	Die Leistung des Protection Levels der Geschwindigkeit in Nord-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 von Protection Level der Geschwindigkeit in Nord-Richtung, die für dieses angestrebte Integritätsrisiko berechnet wurden.	Das Integritätsrisiko der Geschwindigkeit in Nord-Richtung ist die Wahrscheinlichkeit, dass der Fehler der Geschwindigkeit in Nord-Richtung den Protection Level der Geschwindigkeit in Nord-Richtung überschreitet.
	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 von Protection Level der Geschwindigkeit in Fahrtrichtung, die für dieses angestrebte Integritätsrisiko berechnet wurden.	Das Integritätsrisiko der Geschwindigkeit in Fahrtrichtung ist die Wahrscheinlichkeit, dass der Fehler der Geschwindigkeit in Fahrtrichtung den Protection Level der Geschwindigkeit in Fahrtrichtung überschreitet.
	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 von Protection Level der Geschwindigkeit in Querrichtung, die für dieses angestrebte Integritätsrisiko berechnet wurden.	Das Integritätsrisiko der Geschwindigkeit in Querrichtung ist die Wahrscheinlichkeit, dass der Fehler der Geschwindigkeit in Querrichtung den Protection Level der Geschwindigkeit in Querrichtung überschreitet.
	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 von Protection Level der vertikalen Geschwindigkeit, die für dieses angestrebte Integritätsrisiko berechnet wurden.	Das Integritätsrisiko der vertikalen Geschwindigkeit ist die Wahrscheinlichkeit, dass der vertikale Geschwindigkeitsfehler den Protection Level der vertikalen Geschwindigkeit überschreitet.

Tabelle 3 — Zusammenfassung der Verfügbarkeitsmetriken

Ausgabe	Verfügbarkeitsmetrik
Position	Die Positionsverfügbarkeit (T) ist der Prozentsatz an Betriebszeitintervallen der Länge T ^a , während derer das Ortungsendgerät mindestens eine Positionsausgabe bereitstellt.
Geschwindigkeit/ Schnelligkeit	Die Verfügbarkeit der Geschwindigkeit/Schnelligkeit (T) ist der Prozentsatz an Betriebszeitintervallen der Länge T, während derer das Ortungsendgerät mindestens eine Ausgabe zur Geschwindigkeit/Schnelligkeit bereitstellt.
^a Die Länge des Zeitintervalls T sollte für jede Anwendung den besonderen Erfordernissen entsprechend festgelegt werden.	

Tabelle 4 — Zusammenfassung der Zeitsteuerungsmetriken

Variable	Typ	Zeitsteuerungsmetrik
Zeitstempelauflösung	N/A	Die Zeitstempelauflösung ist die Größe der kleinsten Zeitspanne, die zu unterschiedlichen aufeinanderfolgenden Zeitstempeln führen würde. Sie kann als Wert des niedrigstwertigen Bits innerhalb des Wortes zur Zeitstempel-Codierung verstanden werden.
Stabilität der Ausgabelatenz	N/A	Die Stabilität der Ausgabelatenzzeit ist definiert als die Menge von drei statistischen Werten, gegeben durch das 50., 75. und 95. Perzentil der kumulativen Verteilung von Fehlern der Ausgabelatenzzeit.
Stabilität der Ausgabe-geschwindigkeit	N/A	Die Stabilität der Ausgabe-geschwindigkeit ist definiert als die Menge von drei statistischen Werten, gegeben durch das 50., 75. und 95. Perzentil der kumulativen Verteilung von Fehlern der Ausgabe-geschwindigkeit.
Time To First Fix (TTFF)	kalt	Die kalte TTFF ist definiert als die Menge von drei statistischen Werten, gegeben durch das 50., 75. und 95. Perzentil der kumulativen Verteilung der vom Einschalten des Ortungsendgerätes unter Kaltstartbedingungen bis zur Ausgabe einer gültigen Positionslösung verstrichenen Zeit.
	warm	Die warme TTFF ist definiert als die Menge von drei statistischen Werten, gegeben durch das 50., 75. und 95. Perzentil der kumulativen Verteilung der vom Einschalten des Ortungsendgerätes unter Warmstartbedingungen bis zur Ausgabe einer gültigen Positionslösung verstrichenen Zeit.
	heiß	Die heiße TTFF ist definiert als die Menge von drei statistischen Werten, gegeben durch das 50., 75. und 95. Perzentil der kumulativen Verteilung der vom Einschalten des Ortungsendgerätes unter Heißstartbedingungen bis zur Ausgabe einer gültigen Positionslösung verstrichenen Zeit.

- **Kaltstart:** Beim Einschalten sind im Empfänger keine Informationen vorhanden, woraufhin ein vollständiger Suchlauf nach allen vorhandenen Satelliten durchgeführt wird.
- **Warmstart:** Beim Einschalten verfügt der Empfänger über einen gültigen Almanach (entweder durch Speicherung aus einer kürzlich decodierten Navigationsnachricht oder durch andere Mittel, z. B. durch *Assistiertes GNSS* erhalten) und eine ungefähre Positionsangabe mit annähernden Angaben zum Frequenzoffset.
- **Heißstart:** Beim Einschalten verfügt der Empfänger sowohl über genaue Ephemeriden und Angaben zum Frequenzoffset als auch über eine genaue Initialisierung.

5 Einsatzszenarien

5.1 Begriffsbestimmung

5.1.1 Zusammensetzung

Im Rahmen dieses Dokuments werden durch das *Einsatzszenario* die Bedingungen dargestellt, denen das GBPT beim Betrieb für ein *ITS für den Straßenverkehr* ausgesetzt ist, und die seine Leistungsdaten, insbesondere die des GNSS-Empfängers, in hohem Maße beeinflussen können. Wenn für das GBPT oder hinsichtlich des gesamten *ITS für den Straßenverkehr* ein Leistungsziel oder eine Leistungsanforderung vorhanden sind, muss das *Einsatzszenario*, in dem die Leistung erwartet wird, genau vorgeschrieben sein.

Dieses *Einsatzszenario* ist dreiteilig. Es **muss** aus folgenden Teilen aufgebaut sein:

- den Aufstellungsbedingungen des Endgeräts, insbesondere die der GNSS-Empfängerantenne;
- der Trajektorie des mobilen Fahrzeugs (bzw. der Antenne);
- den Umgebungsbedingungen.

5.1.2 Aufstellungsbedingungen

Die Aufstellungsbedingungen sind die Bedingungen, welche die GBPT-Leistungen beeinflussen, insbesondere betrifft dies den Anbringungsort der Antenne, auf dem Fahrzeugdach oder hinter der Windschutzscheibe, und, bezüglich Letzterem, die Durchlässigkeit der Windschutzscheibe gegenüber den Funkwellen.

Bei einem hybridisierten Endgerät mit weiteren Sensoren **müssen** deren Ort und Konfiguration ebenfalls festgelegt werden.

5.1.3 Trajektorie

Eine Trajektorie ist eine Reihe von mit einem Zeitstempel versehenen Positionen, die den Weg des Fahrzeugs (nur Positionen) und möglicherweise sein dynamisches Verhalten (die Positionsableitungen; beispielsweise können Schnelligkeit und Beschleunigung aus der Positionsreihe abgeleitet werden) beschreibt.

Die in einem *Einsatzszenario* beschriebene Trajektorie **muss** so dargelegt werden, dass es möglich ist, ihr mit einem Prüffahrzeug zu folgen.

Ihre Genauigkeit steht in Abhängigkeit von der Anwendung und kann in den meisten Fällen ziemlich gering ausfallen. Eine Beschreibung der zu befahrenden Straßen in Kombination mit einer allgemeinen Anforderung bezüglich der Mindest- oder Höchstgeschwindigkeit kann ausreichend sein.