

DIN EN 16803-2

ICS 03.220.20; 33.060.30; 35.240.60

**Raumfahrt –
Anwendung von GNSS-basierter Ortung für Intelligente
Transportsysteme (ITS) im Straßenverkehr –
Teil 2: Bestimmung der grundlegenden Leistungen von GNSS-basierten
Ortungsendgeräten;
Deutsche Fassung EN 16803-2:2020**

Space –
Use of GNSS-based positioning for road Intelligent Transport Systems (ITS) –
Part 2: Assessment of basic performances of GNSS-based positioning terminals;
German version EN 16803-2:2020

Espace –
Utilisation du positionnement GNSS pour les systèmes de transport routier intelligents (ITS) –
Partie 2: Évaluation des performances de base des terminaux de positionnement GNSS;
Version allemande EN 16803-2:2020

Gesamtumfang 89 Seiten

DIN-Normenausschuss Luft- und Raumfahrt (NL)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 16803-2:2020) wurde vom Technischen Komitee CEN/CLC/JTC 5 „Raumfahrt“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Gremium ist der Arbeitsausschuss NA 131-06-02 AA „Interoperabilität von Informations-, Kommunikations- und Navigationssystemen“ im DIN-Normenausschuss Luft- und Raumfahrt (NL).

DIN EN 16803 besteht unter dem allgemeinen Titel *Raumfahrt — Anwendung von GNSS-basierter Ortung für Intelligente Transportsysteme (ITS) im Straßenverkehr* 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.

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

Deutsche Fassung

Raumfahrt —
Anwendung von GNSS-basierter Ortung für Intelligente
Transportsysteme (ITS) im Straßenverkehr —
Teil 2: Bestimmung der grundlegenden Leistungen von
GNSS-basierten Ortungsendgeräten

Space —
Use of GNSS-based positioning for
road Intelligent Transport Systems (ITS) —
Part 2: Assessment of basic performances of
GNSS-based positioning terminals

Espace —
Utilisation du positionnement GNSS pour
les systèmes de transport routier intelligents (ITS) —
Partie 2: Évaluation des performances de base des
terminaux de positionnement GNSS

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 15. Juni 2020 angenommen.

Die CEN-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 CEN-CENELEC-Management-Zentrum oder bei jedem CEN-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-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-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, der Republik Nordmazedonien, Rumänien, Schweden, der Schweiz, Serbien, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

CEN-CENELEC Management-Zentrum: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe	8
3.1 Begriffe	8
3.2 Abkürzungen	10
4 Überblick über den gesamten Überprüfungsprozess	10
4.1 Festlegung der Gesamtstrategie: Welche Art von Prüfungen	10
4.2 Aufstellung der Einsatzszenarien: Wie die Prüfungen zu konfigurieren sind	13
4.3 Festlegung der Prüfeinrichtungen: Welche Ausrüstung ist zu verwenden	21
4.4 Beschreibung der Aufzeichnungsphase: Wie die Datensätze der Prüfverfahren auszuarbeiten sind	22
4.5 Wiedergabephase: Überprüfung der DUT-Leistungsdaten	25
5 Festlegung der Metriken	26
5.1 Allgemeine Erwägungen	26
5.2 Grundlegende Notation	27
5.3 Zeitinterpolationsverfahren	27
5.4 Genauigkeitsmetriken	28
5.5 Verfügbarkeits- und Stetigkeitsmetriken	29
5.6 Integritätsmetriken	34
5.7 Zeitsteuerungsmetriken	35
6 Beschreibung der Wiedergabephase: Wie die DUT-Leistungsdaten zu überprüfen sind	38
6.1 Allgemeines	38
6.2 Überprüfung des Prüfverfahrensinhalts	39
6.3 Aufstellung des Wiedergabepfandes	40
6.4 Validierung der zur Datenverarbeitung verwendeten Hard- und Software durch das HF- Prüflaboratorium	41
6.5 Wiedergabe der Daten	41
6.6 Berechnung der ACAI-Leistungsdaten	44
6.7 Berechnung der TTF-Leistungsdaten	44
6.8 Erstellung des Abschlussberichts zur Prüfung	48
7 Definition der Validierungsverfahren: Wie man sich der Ergebnisse sicher sein kann (Überprüfungen)	48
7.1 Definition der Validierung	48
7.2 Bestanden/Nicht bestanden-Kriterien für die Verifizierung der Prüfverfahren	50
8 Definition des Synthesberichts: Wie die Ergebnisse der Prüfungen im Bericht anzugeben sind	52
Anhang A (informativ) Zulassungsrahmen	59
A.1 Die Straßenverkehrs-Wertschöpfungskette	59
A.2 Rollen der verschiedenen interessierten Parteien	60
A.3 Verantwortlichkeiten der verschiedenen interessierten Parteien	61
Anhang B (informativ) Detaillierte Kriterien für die Prüfstrategie (Kompromiss)	63

B.1 Hauptkriterien für die Prüfstrategie..... 63

B.2 Metrologische Qualität 64

B.3 Kosteneffizienz..... 65

B.4 Klarheit bei der Aufteilung von Verantwortlichkeiten 66

B.5 Szenarienverwaltungsbehörde 66

Anhang C (informativ) Aspekte der Aufzeichnungs- und Wiedergabeprüfung..... 67

C.1 Allgemeines 67

C.2 Aspekte der Versuchsdurchführung 67

C.3 Begründung für die Ausrüstung..... 69

C.4 Darstellung eines Szenarios: Stoßzeit in Toulouse..... 74

C.5 Qualität der Referenztrajektorie..... 76

C.6 Verfügbarkeit, Regelmäßigkeit der Ausgaben des DUT für die Berechnungen der
Metriken 77

Anhang D (informativ) Sichtweisen auf die Aufzeichnung und Wiedergabe von hybridisierten
GBPT 79

Anhang E (informativ) Aspekte von Koordinatensystemen, Referenzrahmen und Projektionen..... 84

Literaturhinweise..... 87

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN 16803-2:2020) wurde vom Technischen Komitee CEN/CLC/JTC 5 „Raumfahrt“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis März 2021, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis März 2021 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

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

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

Einleitung

Die CEN-CENELEC-Normenreihe EN 16803 befasst sich mit der Nutzung der GNSS-Technologie im Bereich des intelligenten Transports und besonders mit dem Aspekt der Leistungsüberprüfung.

Wie in der generischen Funktionsarchitektur eines GNSS-basierten ITS für den Straßenverkehr dargelegt, können zwei Haupt-Subsysteme betrachtet werden: das Ortungssystem (GNSS-basiertes Ortungsendgerät [GBPT] + externe Datenquellen) und die ITS-Anwendung für den Straßenverkehr, die die vom Endgerät ausgegebenen Positionsgrößen verarbeitet, um dem Anwender den Enddienst zur Verfügung zu stellen.

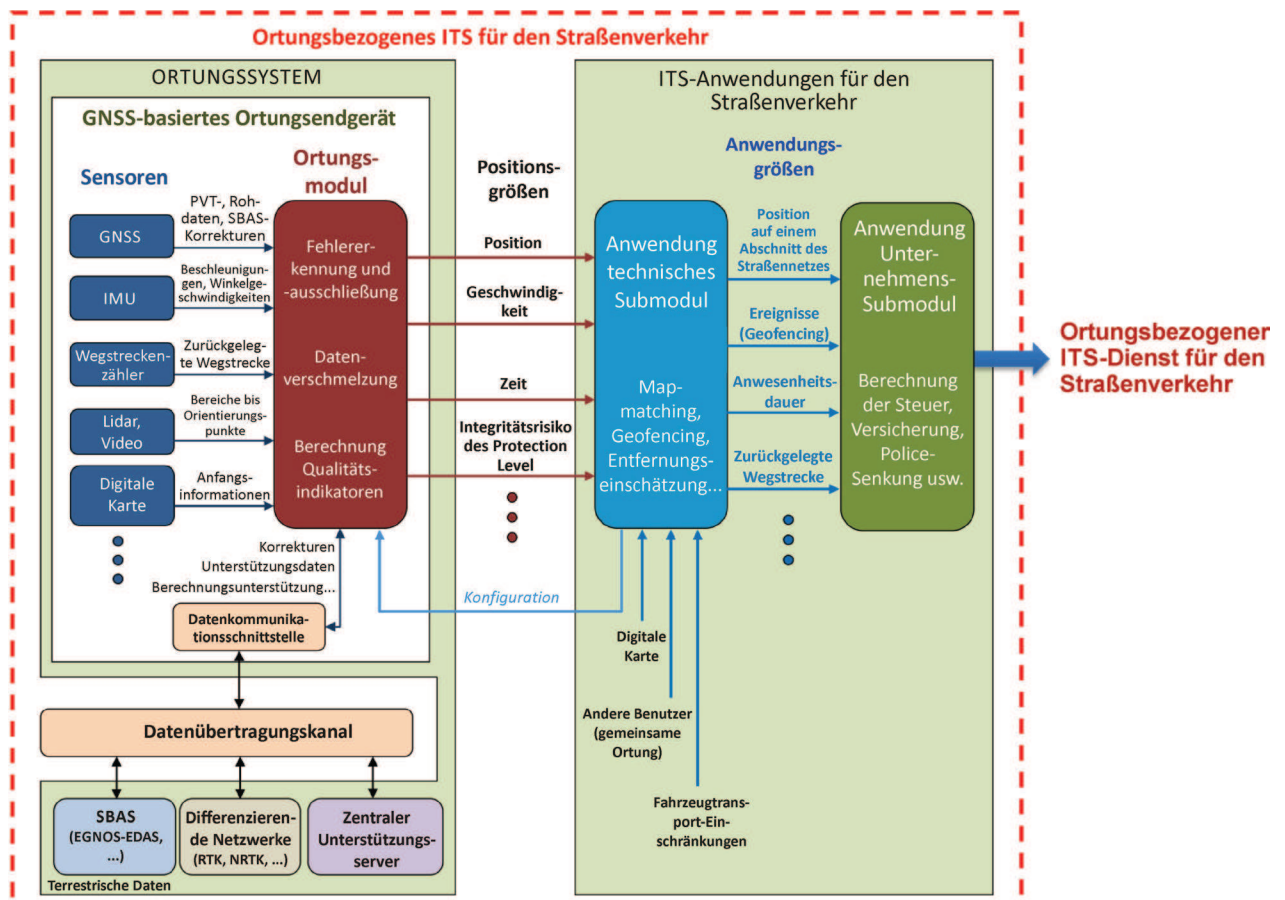


Bild 1 — Generische Funktionsarchitektur eines ortungsbasierten ITS für den Straßenverkehr

Dieses Dokument ist Teil 2 der Normenreihe EN 16803.

Das Problem der Leistungsüberprüfung kann auch auf diesen beiden Ebenen betrachtet werden.

Nach Bild 3 in der Einleitung von EN 16803-1 können die Leistungsdaten der Anwendung nicht unabhängig vom GBPT und die Angemessenheit der Leistungsdaten des GBPT für die Ende-zu-Ende-Leistung des Systems nicht unabhängig von der Anwendung beurteilt werden. Für diese beiden Arten der Überprüfung schlägt die Norm EN 16803-1 ein Verfahren vor, das als „Sensitivitätsanalyse“ bezeichnet wird. Darüber hinaus legte dieses erste Dokument die generische Architektur, die generischen Begriffe und die grundlegenden Leistungsmetriken für die Ortungsgrößen fest.

EN 16803-1 kann für viele verschiedene Parteien von Interesse sein, zielt aber in der Hauptsache auf die Entwickler von ITS-Anwendungen ab.

EN 16803-2, EN 16803-3 und EN 16803-4 behandeln speziell die Leistungsdaten des GBPT, weil diese anhand der in EN 16803-1 festgelegten Metriken gemessen werden können:

- EN 16803-2 schlägt eine Prüfmethodik vor, die auf der Wiedergabe von echten in Einsatzprüfungen aufgezeichneten Datensätzen im Labor basiert – unter der Annahme, dass während der Prüfung kein Sicherheitsangriff erfolgt ist.
- EN 16803-3 schlägt eine Ergänzung zu dieser Prüfmethodik vor, die dazu dient, die Leistungsminderung bei Beeinträchtigung des GNSS-Signal-In-Space (SIS) durch vorsätzlich erzeugte Hochfrequenz (HF)-Störungen, wie z. B. Störsendungen, Spoofing oder Meaconing, zu beurteilen, und die auch bei unabsichtlich erzeugten HF-Störungen anwendbar ist.

Diese beiden Europäischen Normen zielen hauptsächlich auf für die Überprüfung der Leistungsdaten von GBPT in unterschiedlichen Anwendungen zuständige universell aufgestellte HF-Prüflaboratorien ab.

EN 16803-4 (in Vorbereitung) wird eine Methodik für die Aufzeichnung von echten Datensätzen vorschlagen und zielt hauptsächlich auf die auf GNSS spezialisierten Prüflaboratorien ab, die für die Ausarbeitung der Prüfscenarien zuständig sind, die von Prüflaboratorien der vorgenannten Kategorie wiedergegeben werden.

1 Anwendungsbereich

Wie die anderen Dokumente dieser Reihe auch befasst sich dieses Dokument mit der Nutzung von GNSS-basierten Ortungsendgeräten (GBPT) in Intelligenten Transportsystemen (ITS) für den Straßenverkehr. GNSS-basierte Ortung bedeutet, dass das System, das die Positionsdaten, genauer gesagt die Daten zu Position, Geschwindigkeit und Zeit (PVT, en: Position, Velocity and Time), liefert, mindestens einen GNSS-Empfänger und gegebenenfalls weitere zur Verbesserung der Leistung dienende zusätzliche Sensordaten oder Informationsquellen umfasst, die sich mit GNSS-Daten hybridisieren lassen.

Dieses neue Dokument schlägt Prüfverfahren vor, die auf der Wiedergabe von in Einsatzprüfungen aufgezeichneten Daten basieren und zur Überprüfung der grundlegenden Leistungsdaten beliebiger GBPT für einen bestimmten, durch ein Einsatzszenario beschriebenen Anwendungsfall dienen. Diese Prüfungen betreffen die grundlegenden Leistungsmerkmale **Verfügbarkeit**, **Stetigkeit**, **Genauigkeit** und **Integrität** der PVT-Informationen, aber auch das Leistungsmerkmal **Time To First Fix** (TTFF), wie sie in EN 16803-1 beschrieben sind, unter Berücksichtigung der Tatsache, dass es keinen speziellen Sicherheitsangriff gab, der das SIS während des Einsatzes beeinträchtigt hat. Dieses Dokument befasst sich nicht mit den Prüfungen zur Überprüfung des Leistungsverhaltens der Zeitsteuerung, soweit es nicht um die TTFF geht, die keine Einsatzdaten benötigt und vorzugsweise mit den üblichen Messgeräten im Labor durchgeführt werden kann.

Bei Aufzeichnung/Wiedergabe- bzw. R&R-Prüfungen (en: „Record and Replay“ tests) werden GNSS-SIS-Daten und gegebenenfalls zusätzliche Sensordaten, die mit Hilfe eines speziellen Testfahrzeugs unter bestimmten Betriebsbedingungen aufgezeichnet wurden, in einer Laborumgebung wiedergegeben. Der GNSS-SIS-Daten und gegebenenfalls Sensordaten aus diesen Einsatzprüfungen enthaltende Datensatz wird in Verbindung mit der entsprechenden Metadatenbeschreibungsdatei als „**Prüfszenario**“ bezeichnet. Ein Datensatz setzt sich aus verschiedenen Datendateien zusammen.

Die vorliegende EN 16803-2 behandelt den „**Wiedergabe**“-Teil des Datensatzes des Prüfszenarios. Sie behandelt nicht den „Aufzeichnungs“-Teil, obgleich sie zur Information den gesamten R&R-Prozess beschreibt. Dieser „Aufzeichnungs“-Teil wird von EN 16803-4 abgedeckt, die derzeit in Vorbereitung ist.

Obgleich die Normenreihe EN 16803 die GNSS-basierten Ortungsendgeräte und nicht nur die GNSS-Empfänger betrifft, befasst sich die vorliegende Ausgabe dieses Dokuments nur mit dem Wiedergabeprozess von reinen **GNSS-Endgeräten**. Der Grund hierfür ist, dass der Prozess der Wiedergabe von zusätzlichen Sensordaten im Labor, besonders wenn diese Sensoren die Fahrzeugbewegung erfassen, allgemein sehr komplex und gegenwärtig noch nicht reif für die Normung ist. Für diesen Prozess wären offene genormte Schnittstellen im GBPT sowie genormte Sensorfehlermodelle erforderlich, und er lässt sich derzeit noch nicht normen. Das in der vorliegenden Europäischen Norm beschriebene Verfahren wurde aber so angelegt, dass es sich später auf GBPT erweitern lässt, die GNSS und Fahrzeugsensoren hybridisieren.

Die vorliegende EN 16803-2 behandelt keine R&R-Prüfungen, bei denen dem SIS spezifische Hochfrequenzsignale hinzugefügt werden, um Sicherheitsangriffe zu simulieren. Dieser Fall ist spezieller Gegenstand der EN 16803-3.

Sobald genormte Prüfverfahren für die Überprüfung eingeführt wurden, ist es möglich, Mindestanforderungen an die Leistung verschiedener intelligenter Transportanwendungen festzulegen, es ist jedoch sinnvoll, das Problem der Leistungsüberprüfungen von den Leistungsmindestanforderungen zu trennen, weil ein und dasselbe Prüfverfahren auf viele Anwendungen anwendbar sein kann, die Leistungsmindestanforderungen sich dagegen üblicherweise von Anwendung zu Anwendung unterscheiden. **Entsprechend werden in diesem Dokument keine Mindestanforderungen an die Leistung irgendwelcher Anwendungen festgelegt.**

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN 16803-1:2016, *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*

EN 16803-3, *Raumfahrt — Anwendung von GNSS-basierter Ortung für Intelligente Transportsysteme (ITS) im Straßenverkehr — Teil 3: Überprüfung der sicheren Leistungen von GNSS-basierten Ortungsendgeräten*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

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

— ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <http://www.iso.org/obp>

— IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>

3.1 Begriffe

3.1.1

GBPT, en: GNSS based positioning terminal

GNSS-basiertes Ortungsendgerät

Benennung der Komponente, die im Wesentlichen PVT ausgibt

3.1.2

DUT, en: device under test

Prüfling

Benennung eines Geräts, das gegenwärtig überprüft wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Im Kontext von EN 16803-2 ist DUT gleichbedeutend mit GPBT.

3.1.3

Prüfszenario

setzt sich aus GNSS-SIS-Daten und gegebenenfalls in Einsatzprüfungen erhobenen Sensordaten zusammen, ergänzt um eine Metadatenbeschreibungsdatei; ein Prüfszenario ist eine nicht leere Kombination von UTS, die es ermöglicht, ein GBPT in den gewünschten Umgebungen zu überprüfen

Anmerkung 1 zum Begriff: Daten innerhalb eines Prüfszenarios sind Rohdaten, entweder HF-Signale von GNSS-Satelliten oder Rohdaten von anderen eingebetteten Sensoren.

Anmerkung 2 zum Begriff: Bei einem Prüfszenario handelt es sich um das gesamte Paket, das einem universell aufgestellten HF-Prüflaboratorium, das für die Prüfungen zur Leistungsüberprüfung nach der Normenreihe EN 16803 zuständig ist, von einem auf GNSS spezialisierten Prüflaboratorium zur Verfügung gestellt wird.

Anmerkung 3 zum Begriff: Betrachtet man die 6 (sechs) verschiedenen in EN 16803-1 festgelegten Umgebungen, so ergibt sich eine Kombination von $2^6 - 1 = 63$ möglichen Prüfszenarien, die z. B. von einem „rein ländlichen“ Prüfszenario bis zu einem Prüfszenario „sämtliche Umgebungen“, das die 6 verschiedenen Umgebungen abdeckt, reichen. Zu weiteren Einzelheiten siehe 4.2.2.

3.1.4

unitäres Prüfzenario

UTS, en: unitary test scenario

elementarer Baustein eines Prüfzenarios, der sich aus einer bestimmten Einsatzprüfung ergibt; mit anderen Worten: ein Prüfzenario stellt eine Verknüpfung verschiedener unitärer Prüfzenarien dar

Anmerkung 1 zum Begriff: Zu weiteren Einzelheiten siehe 4.2.2.

3.1.5

einheitlicher Umgebungsdatensatz

UEDS, en: uniform environment data set

Ausgaben des DUT, die nach einer Wiedergabe im Labor erfasst und nach Umgebungen sortiert wurden; er ist eine Verknüpfung der Ausgaben des DUT für alle auf eine eindeutige Umgebung beschränkten UTS

Anmerkung 1 zum Begriff: Zu weiteren Einzelheiten siehe 6.4.

Anmerkung 2 zum Begriff: Betrachtet man die 6 (sechs) unterschiedlichen in EN 16803-1 definierten Umgebungen, so ergibt sich dieselbe Anzahl von UEDS, d. h. 6.

Anmerkung 3 zum Begriff: Bei den Daten, aus denen sich ein einheitlicher Umgebungsdatensatz zusammensetzt, handelt es sich um PVT-Daten, wie sie von einem GBPT ausgegeben werden.

Anmerkung 4 zum Begriff: Einheitliche Umgebungsdatensätze sind die Datensätze, auf die die Metriken angewendet werden müssen, um die Leistungsdaten des Prüflings zu überprüfen.

3.1.6

auf GNSS spezialisiertes Prüflaboratorium

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

3.1.7

universell aufgestelltes HF-Prüflaboratorium

Laboratorium, das für die Überprüfung der Leistungsdaten von GBPT mit Hilfe eines Prüfzenarios zuständig ist

3.1.8

unitäres Bezugsgrößen-Prüfzenario

B-UTS, en: benchmark unitary test scenario

dediziertes UTS, das speziell für das Validierungsverfahren herangezogen wird, wie in Abschnitt 7 festgelegt

3.1.9

einheitlicher Bezugsgrößen-Umgebungsdatensatz

B-UEDS, en: benchmark uniform environment data set

jeder der mit dem Bezugsgrößenempfänger von dem auf GNSS spezialisierten Labor erhaltenen UEDS (der vom universell aufgestellten Labor zur Validierung seiner Prüfplattform und seiner Prüfverfahren genutzt wird)

3.2 Abkürzungen

Abkürzung	Beschreibung
ACAI	Verfügbarkeit, Stetigkeit, Genauigkeit, Integrität (en: availability, continuity, accuracy, integrity)
BPM	Bezugsgrößen-Leistungsmetriken (en: benchmark performance metrics)
B-UEDS	einheitlicher Bezugsgrößen-Umgebungsdatensatz (en: benchmark uniform environment data set)
B-UTS	unitäres Bezugsgrößen-Prüfszenario (en: benchmark unitary test scenario)
CDF	kumulative Verteilungsfunktion (en: cumulative distribution function)
DUT	Prüfling (en: device under test)
GBPT	GNSS-basiertes Ortungsendgerät (en: GNSS based positioning terminal)
GNSS	globale Navigationssatellitensysteme (en: global navigation satellite systems)
I/Q	In-Phase-&-Quadrature – das I/Q-Format ist eine effiziente Art der Speicherung von HF-Signalen, die es ermöglicht, HF-Signale im Labor nach der Modulation zu reproduzieren. Das I/Q-Format ist das zur Speicherung von GNSS-Signalen in UTS verwendete Format.
ITS	intelligente Transportsysteme (en: intelligent transport systems)
KML	Keyhole Markup Language
Lab-A	auf GNSS spezialisiertes Prüflaboratorium (en: GNSS-specialized test laboratory)
Lab-B	universell aufgestelltes HF-Prüflaboratorium (en: generalist RF test laboratory)
PVT	Position, Geschwindigkeit und Zeit (en: position, velocity and time)
RAMS	Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit und Sicherheit (en: reliability, availability, maintainability und safety)
HF	Hochfrequenz (en: radio frequency [RF])
R&R	Aufzeichnung und Wiedergabe (en: record and replay)
SIS	Signal-In-Space (Signal im Raum): von den GNSS-Satelliten ausgesendete HF-Signale
UTS	unitäres Prüfszenario (en: unitary test scenario)
UEDS	einheitlicher Umgebungsdatensatz (en: uniform environment data set)
TTF	Time To First Fix (Zeit für die erste Ortungsbestimmung)

4 Überblick über den gesamten Überprüfungsprozess

4.1 Festlegung der Gesamtstrategie: Welche Art von Prüfungen

4.1.1 Begründung

Die Leistungs- und Verhaltensdaten von GNSS-basierten Ortungsendgeräten hängen nicht nur von deren Auslegung, sondern in hohem Maße auch von einer ganzen Reihe äußerer Umstände und Parameter ab, die außerhalb der Kontrolle der interessierten Parteien liegen. Zu diesen Parametern gehören der Zustand von internationalen weltumspannenden Raumfahrtssystemen (GNSS), die physikalischen Bedingungen in der Atmosphäre und sonstige Umgebungsbedingungen in der Nähe des Fahrzeugs (Gebäude in der Umgebung, Verkehr, Blattwerk von Bäumen usw.).

Das bedeutet z. B., dass jede Umsetzung eines Verfahrens für die Einsatzprüfung eines gegebenen Produkts zu einem mit Datum und Uhrzeit gegebenen Zeitpunkt zu einem anderen Ergebnis führen wird als dasselbe Prüfverfahren, durchgeführt am selben Produkt am selben Ort, aber an einem anderen Datum und zu einer anderen Uhrzeit (nichtstationärer stochastischer Prozess).

Die offensichtliche Folge dessen ist, dass die Analyse der Prüfergebnisse, wenn eine reine Einsatzprüfstrategie als die bevorzugte Lösung für die Leistungsüberprüfung mit dem Ziel der Zertifizierung von Geräten angestrebt wird, entsprechend qualifiziertes Fachpersonal erfordern würde und häufig zu nicht recht greifbaren und wenig zuverlässigen Deutungen führen kann, was das Gegenteil der Wissenschaft vom Messen wäre.

Eine Möglichkeit, dieses Problem zu umgehen, ist, volles Vertrauen in Simulationen zu setzen, bei denen sämtliche Prüfbedingungen geregelt werden und die vollständig wiederholbar sein könnten. Das ETSI hat sich im Rahmen seines Normungsprozesses mit einem ähnlichen Problem befasst, das auf die GNSS-basierten standortbezogenen Dienste abzielt. Als eine Folge seiner Tätigkeit hat das ETSI eine Lösung ausgewählt, die ausschließlich auf Simulationen basiert (siehe [1]).

Berücksichtigt man, dass die Simulation praktischer Umgebungen ein komplexes Unterfangen bleibt, so führt die Vorgehensweise reiner Simulationen zu Szenarien mit einer sehr großen Anzahl an zu konfigurierenden Parametern, welches das Risiko von Fehlern aufgrund menschlicher Manipulation birgt, und die dennoch grundsätzlich nicht in der Lage sind, die Realität vollständig abzubilden.

Ein genormter und mit dem Ziel der Zertifizierung angelegter Prozess der Leistungsüberprüfung muss unstrittig (unbestreitbar?), wiederholbar, im Hinblick auf die tatsächlichen Bedingungen, unter denen das GBPT betrieben wird, realistisch und wirtschaftlich sein. Da es schlicht unmöglich ist, die Realität all der physikalischen Phänomene mit Einfluss auf das Verhalten von GNSS-Empfängern mit Hilfe mathematischer Modelle zu simulieren, diese Realität aber dennoch signifikante Auswirkungen hat, wird in der vorliegenden Norm das Prinzip der Einsatzprüfungen gegenüber dem Prinzip der Simulation von GNSS-SIS mit Konstellationssimulatoren bevorzugt.

Im Falle reiner Einsatzprüfungen, bei denen sich der Prüfling (DUT) an Bord des Prüffahrzeugs befindet, wird letzteres jedoch anhand verschiedener Umgebungsmerkmale stimuliert, die unvorhersagbar und unregelmäßig bleiben, sich nur selten von einem Prüflauf zum nächsten reproduzieren lassen und große Schwierigkeiten in Bezug auf die Interpretation der Ergebnisse mit sich bringen. Entsprechend wurde für die vorliegende Europäische Norm das **„Aufzeichnungs- und Wiedergabe“-Verfahren** (R&R-Verfahren) gewählt, das Realismus, Wiederholpräzision und Wirtschaftlichkeit miteinander verbindet. Das R&R-Verfahren deckt alle Konstellationen und alle Frequenzen ab, indem die Aufzeichnung unterer L-Bänder und oberer L-Bänder eines GNSS-SIS zugelassen wird.

4.1.2 Wahl von Aufzeichnung und Wiedergabe

Das **„Aufzeichnungs- und Wiedergabe“-Verfahren** beginnt im Einsatz durch Aufzeichnung der Prüfdatenerfassung nach einem vereinbarten Szenario. Dieser Schritt muss eine **detailgetreue Digitalisierung zahlreicher Parameter, besonders die Erfassung von Funksignalen**, die von der weltweiten Infrastruktur (GNSS) ausgehen, in einer realistischen lokalen Ausbreitungsgebung garantieren. Es **endet im Labor, wo dasselbe Szenario so häufig wie nötig** unter Verwendung genau derselben Funksignaleingaben und folglich derselben Empfangsumgebungsbedingungen wiedergegeben wird.

Im Hinblick auf reine Simulation sorgt das R&R-Verfahren, weil es auf realen Situationen basiert, für eine bessere Darstellung der Realität, aber auch für eine geringere Flexibilität der geprüften Situationen (selten auftretende Ereignisse sind unwahrscheinlich). Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Satellitenausfall Eingang in ein aufgezeichnetes Prüfscenario findet, ist nahe Null. Wie bei den Simulationen kann jedoch eine Vielzahl von Geräten unter genau gleichen Bedingungen geprüft werden.

Im Hinblick auf Einsatzprüfungen sorgt das R&R-Verfahren für bessere metrologische Merkmale, weil die Wiederholpräzision erreicht werden kann.

Es spart auch Geld, weil der Aufbau des Aufzeichnungsprüfstandes ähnlich einer Einsatzprüfung, der Aufbau des Wiedergabeprüfstandes aber wesentlich preiswerter ist und die Prüfung einer Vielzahl von Empfängern mit geringeren zusätzlichen Kosten ermöglicht.

Abschließend ist ein sehr interessantes Merkmal des R&R-Ansatzes, dass es sich bei der **Schnittstelle zwischen der Aufzeichnungs- und der Wiedergabephase um ein Dateiverzeichnis handelt**, das Fähigkeiten, wie z. B. Kopieren und Lizenzierung, Ausschneiden und Einfügen (in kleinere Dateien, falls z. B. eine kundenspezifische Anpassung nach der Anwendung notwendig würde), Browsen usw. zur Verfügung stellt. Gegenwärtig ist die Datenmenge wichtig für Speicherverfahren (2 TB/min der Aufzeichnung), sie bleibt aber für einige Aufzeichnungsstunden brauchbar. Es wird davon ausgegangen, dass in einigen Jahren eine verbesserte Lösung verfügbar sein könnte (gegenwärtig wird keine Datenkompression angewendet).

Da für die Aufzeichnungsphase anerkannte Fähigkeiten und Erfahrungen im GNSS-Messwesen erforderlich sind, müssen Arbeiten dieser Art von auf **GNSS spezialisierten Laboratorien** durchgeführt werden, die nach ISO/IEC 17025 amtlich zugelassen und für diese Aufgabe durch eine Zertifizierungsbehörde bevollmächtigt sind. Sie müssen genormte Verfahren für die Aufzeichnung der Datensätze befolgen, die ihrerseits zu **genormten Szenarien** werden müssen, die von einer größeren Gruppe amtlich zugelassener, aber nicht auf GNSS spezialisierter, Hochfrequenz(HF)-Prüflaboratorien wiedergegeben werden können.

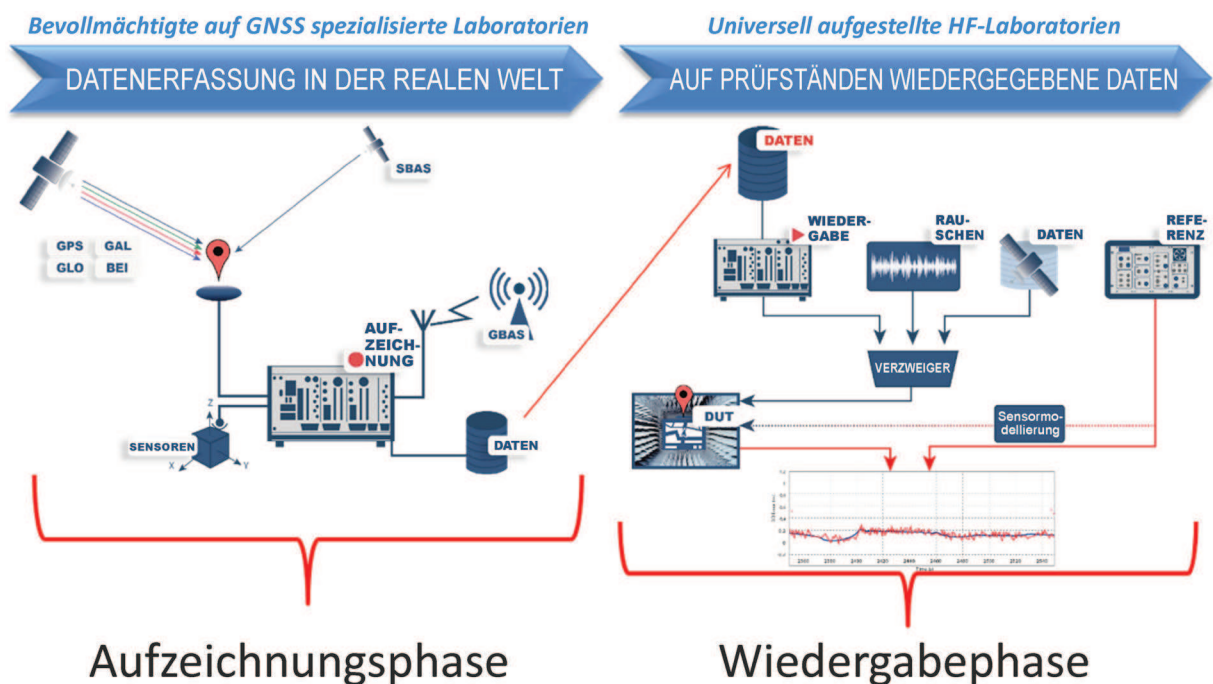


Bild 2 — Das „Aufzeichnungs- und Wiedergabe“-Prinzip

Dieses Merkmal ist von wirklichem Interesse für die weltweite Wirtschaft. Als erstes ermöglicht es, eine in Paris aufgezeichnete Einsatzprüfung in Tokio durchzuführen oder umgekehrt eine in Shanghai durchgeführte Aufzeichnung an einem beliebigen Ort in Europa und mit geringen Kosten wiederzugeben. Außerdem ist es als ein Zusatz-Geschäftsmodell für GNSS interessant, das die Möglichkeit zum Export genormter Datensätze in andere regionale Wirtschaften innerhalb Europas bietet und es weltweiten Wettbewerbern ermöglicht, die Europäischen Normen anzunehmen und anzuwenden, und sogar die Erweiterung der Europäischen Verfahrensweisen auf die Welt fördert.

4.2 Aufstellung der Einsatzszenarien: Wie die Prüfungen zu konfigurieren sind

4.2.1 Allgemeines

Vorwort: Der größte Teil dieses Abschnitts ist insofern informativ, als er Informationsmaterial dazu bereitstellt, wie vorzugehen ist, um ein Szenario aufzuzeichnen, das mit der für High-level-Standards erforderlichen Qualität kompatibel ist. Diese Informationen sind notwendig, um den gesamten R&R-Prozess zu verstehen, es ist jedoch nicht das Ziel der vorliegenden Europäischen Norm, das Aufzeichnungsverfahren zu normen. Das Aufzeichnungsverfahren und sein Qualitätsrahmen werden in EN 16803-4 (in Vorbereitung) umfassend und genau beschrieben.

4.2.2 Grundlagen

4.2.2.1 Erfassung eindeutiger Daten für alle Metriken

Verfügbarkeit, Stetigkeit, Genauigkeit und Integrität müssen anhand eines einheitlichen Umgebungsdatensatzes (UEDS) bewertet werden.

Die Metriken für die Messung der GBPT-Leistungsdaten in Bezug auf diese unterschiedlichen Leistungsmerkmale werden in EN 16803-1 eingeführt und im vorliegenden Dokument in Abschnitt 5 genau beschrieben.

Diese Leistungsdaten sind in den Anwendungserfordernissen vollständig miteinander verknüpft, weil eine Positions- oder Geschwindigkeitsausgabe für eine beliebige Anwendung nur dann sinnvoll sein kann, wenn sie gleichzeitig sowohl verfügbar (für gültig erklärt) als auch (bis zu einem bestimmten Grad) genau und für uns (mit einem bestimmten Risikograd) vertrauenswürdig ist. Daher müssen die Metriken der 4 (vier) Typen (ausgenommen das Integritätsrisiko, siehe nachstehend 4.2.2.2) in derselben Datenerfassungskampagne festgelegt werden.

4.2.2.2 Sonderfall des Integritätsrisikos

Die Integritätsfunktionalität ist bei sicherheitskritischen oder bezüglich der Haftung kritischen Vorgängen besonders wertvoll. Sie ist besonders wegen der Möglichkeit des Nachweises und des Ausschlusses fehlerhafter Verhaltensweisen von Ortungsprozessen von Interesse, die durch unerwartete Situationen (befürchtete Ereignisse) hervorgerufen werden, die mit höchster Wahrscheinlichkeit (in Bezug auf den Normalbetrieb) zu einem Unfall (Sicherheit) oder zu streitbaren Vorgängen wie Überzahlung (Haftung) führen.

Ihr Zweck ist, die Ausbreitung in den Ortungsfehlern von potentiell seltenen Ereignissen (von Sensoren, von GNSS-spezifischen Eingaben) zu vermeiden. Das vorschriftsmäßige Verhalten eines die Anforderungen an die Integrität erfüllenden GBPT ist, zu verhindern, dass eine als gültig erklärte Position ausgegeben wird, während ein Ortungsfehler größer als der Protection Level und besonders größer als der für den kritischen Vorgang annehmbare Alarmauslösungsgrenzwert ist. Dieses vorschriftsmäßige Verhalten, das vor gefährlichen irreführenden Informationen bewahrt, während, dem Prozess vorgeschaltet, unerwartete Situationen anstehen, verhindert die Ausbreitung der Auswirkungen von seltenen befürchteten Ereignissen in Bezug auf die Ortungsebene in weiteren Berechnungen.

In der vorliegenden Norm werden nur **nominelle** Prüf Szenarien betrachtet, was bedeutet, dass die Prüffälle für Normalbedingungen repräsentativ sind und für die meisten von diesen (definitionsgemäß) keine seltenen befürchteten Ereignisse umfassen, die zu sehr gefährlichen Situationen für die Anwendung führen könnten.

Falls das GBPT einen Protection Level (PL) bietet, der dazu vorgesehen ist, den Fehler mit einem festgelegten angestrebten Integritätsrisiko (TIR, en: target integrity risk) auf die geschützte Komponente (z. B. die horizontale Position) zu begrenzen, so gibt es kein Problem bei der Messung der Verfügbarkeit und der Leistung dieses PL, z. B. seiner Größe, anhand der entsprechenden in EN 16803-1 festgelegten Metriken.

In Bezug auf das Integritätsrisiko (IR) ist die Problematik jedoch eine ganz andere, weil sich dieses auf das Verhalten des GBPT in spezifischen riskanten Vorgängen bezieht; die andere Integritätsmetrik bezüglich der Verifizierung des Integritätsrisikos selbst (das niedriger als das TIR sein sollte, das seinerseits mit einer Größenordnung von 10^{-4} , 10^{-5} oder 10^{-6} sehr klein ist) wird also mit der Wiedergabe der Prüfszenarien aus 2 (zwei) Gründen nicht richtig geschätzt:

- 1) die befürchteten Ereignisse in den Szenarien wurden nicht notwendigerweise aufgezeichnet;
- 2) die Anzahl der Proben für die Abschätzung des IR mit einem guten Vertrauensniveau ist nicht hoch genug.

Was sich zusätzlich zur Größe des PL messen lässt, ist die **Rate der irreführenden Informationen (MIR, en: misleading information rate)**, d. h. das Verhältnis der Epochen, die einen größeren Fehler zeigen als der PL, zur Gesamtepochenzahl. Diese MI-Rate kann zum IR konvergieren, wenn die Anzahl der Proben hoch genug ist und z. B. mehrere Prüftage beträgt, was unter dem wirtschaftlichen Aspekt nicht akzeptabel ist.

Entsprechend sind die in der Normenreihe EN 16803 beschriebenen Prüfverfahren darauf angelegt, die Leistung des Protection Levels in Bezug auf die Größe und nicht das Integritätsrisiko zu messen. Nur die MI-Rate über den Prüfzeitraum, die nicht identisch mit dem IR ist, kann als ein Anzeiger der Zuverlässigkeit des PL gemessen werden.

Andere Arten von Prüfungen, die eine große Anzahl an Simulationen, einschließlich einiger spezifischer befürchteter Ereignisse, erfordern, müssen auf die Überprüfung des IR angelegt sein.

4.2.2.3 Gleiche Datenerfassung für eine flexible Reihe von Straßenverkehrs Anwendungen

Die vorliegende Europäische Norm wurde darauf angelegt, sich mit einer langen Liste von ITS-Anwendungen ohne Unterscheidungen zu befassen. Die Anwendungen können jedoch lokale/globale Bereiche, geringe/hohe Schnelligkeiten usw. abdecken.

Während die globale Menge von ITS-Anwendungen Autofahrten aller Arten in beliebige Arten von Umgebungen (und sogar das Parken) abdecken kann, kann eine gewählte Anwendung unter Umständen nur einige bestimmte Bedingungen erfordern, z. B. geringe Schnelligkeit in der Nähe von Parkplätzen oder typischen Orten virtueller Signalbrücken usw.

Um beliebige Straßenverkehrs Anwendungen repräsentativ abzudecken, muss die Datensatzerfassung ein Höchstmaß an unterschiedlichen Arten von Autofahrten mit ihrer typischen Straßenverkehrsumgebung und ihrer Bewegungsdynamik abdecken:

- Langstrecken-Straßentransport (transnationale Lieferungen, europäischer Individual-/Gruppentourismus usw.);
- extreme Kurzstrecken-Lieferungen (häufige Stopps);
- Berufspendlerstrecke mit typischem Verkehrsstau (städtisch, ländlich...);
- usw.

Ausführlichere Beschreibungen finden sich in 4.2.3.

4.2.3 Festlegung der Einsatzszenarien

4.2.3.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt ruft die aktuelle von EN 16803-1 ausgegebene Definition für Einsatzszenarien ins Gedächtnis und schlägt dann eine Definition für Einsatzszenarien vor, die für die Aufzeichnung der für die Überprüfung von Metriken wiederzugebenden Betriebsdaten zu verwenden ist. Dieser Abschnitt dient nur zur Information und ist nicht Bestandteil des normativen Teils dieses Dokuments. Die genaue Definition der Szenarien wird Gegenstand von EN 16803-4 sein.

4.2.3.2 Genormte Definition für Einsatzszenarien

4.2.3.2.1 Allgemeines

Die Definition des **Einsatzszenarios** (siehe EN 16803-1:2016, 5.1) lautet: „*Beschreibung der Bedingungen, unter denen das GNSS-basierte ITS für den Straßenverkehr arbeitet, und die sich im Besonderen auf das GBPT auswirken*“.

Die Einsatzumgebung ist ebenfalls wichtig für die Festlegung der Prüfbedingungen, unter denen die Leistungsdaten und Metriken des Systems zu beurteilen sind.

Wie in EN 16803-1 hervorgehoben, würden drei Gruppen von Parametern festgelegt werden müssen, um ein Einsatzszenario und die daran anschließenden Prüffälle genau zu beschreiben, weil sie wahrscheinlich Einfluss auf die überprüften Leistungsmetriken haben würden:

- die **Aufstellungsbedingungen** des Endgeräts und aller seiner Sensoren (GNSS-Antenne, inertielle Messeinheit, Wegstreckenzähler, Kameras ...), die die Sensoreigenschaften konditionieren;
- die **Trajektorie** des Fahrzeugs: seine Position auf dem Planeten und seine Kinematik, die die Fähigkeit beeinflusst, Voreinstellungen beliebiger Sensoren zu berichtigen oder zu filtern;
- die **Umgebungsbedingungen** mit Einfluss auf die Sensormessungen.

Diese allgemeine Definition gilt für Prüfungen aller Arten.

EN 16803-1:2016, 5.2.1, bekräftigt außerdem, dass für die Auswertung der Prüfergebnisse und für den Vergleich der Ergebnisse von ähnlichen, aber an anderem Ort durchgeführten Prüfungen¹ die GNSS-Referenzumgebungen genutzt werden müssen. Das ist der Grund, warum die Darstellung der Prüfergebnisse auf die übergeordneten Kategorien von GNSS-Referenzumgebungen verweisen sollte, wie in EN 16803-1:2016, 5.2.2, Erstellung der Prüfzuszenarien, festgelegt.

Das Ziel der Norm ist, den ausschließlichen Fehleranteil zu beschreiben, der der Verarbeitung durch das Endgerät zuzuschreiben ist, wenn dieses im Straßenverkehr betrieben wird.

Dieses Endgerät arbeitet im Betrieb oder während der Einsatzprüfungen in einigen Umgebungsbedingungen, die es durchläuft, sowie den durch die GNSS-Infrastruktur oder die Atmosphäre bedingten systematischen Fehlern, die ihm nicht zugeschrieben werden können. Diese Umgebungsbedingungen sind im Verlauf des Straßenbetriebs abwechselnd manchmal günstig und manchmal ungünstig für die das GNSS-SIS betreffenden Eigenschaften. Nicht nur diese Umgebungsbedingungen haben, für sich genommen, Einfluss auf die Fähigkeit des GBPT, sein gesamtes Potential in Bezug auf die AIA-Leistungsdaten zu entfalten, sondern auch ihre Änderungsraten.

1 Nicht, um die Datensatzerfassung zu erhalten, sondern um die Metriken zu berechnen.

Diese Europäische Normenreihe basiert auf einem pragmatischen Ansatz, um eine ausreichende Kombinatorik der Prüfbedingungen ohne kundenspezifische Anpassung an die eine oder *andere* Endanwendung durch Kreuzen verschiedener Straßen und unterschiedlicher Arten von Fahrten zu erhalten:

- Die Straßenwahl führt die GNSS-Geometrie und den Ausbreitungskanal ein: Im Rahmen der Einsatzprüfung ist es nicht möglich, die Topologie einer Straße oder ihrer Nachbarn zu ändern, weswegen es wichtig ist, eine Vielfalt an Landschaften und Landschaftsänderungen in die Wahl der Straßen einzubeziehen; die die Sichtbarkeits- und die Reflexions-/Brechungswirkungen in gleicher Weise ändern wie typische Anwendungsfälle.
- Der Fahrttyp kann Einfluss auf die Kinematik haben, im Besonderen auf das Verhältnis und die Amplitude zwischen geringer und hoher Schnelligkeit, und dieser Faktor in Verbindung mit den GNSS-Umgebungen bringt zwischen Trägheitssensoren oder örtlichen optischen Sensoren und GNSS-Sensoren abwechselnde beste Nutzungen mit sich und stimuliert folglich die Hybridisierungssysteme und verschiedene Fehlerkorrelationszeiten in gleicher Weise wie typische Anwendungsfälle.
- Eine Kreuzung zwischen Straßenwahl und Fahrttyp für das Auto wird naturgemäß den Bereich der Ortungsfehler (bis zu 95 %) abdecken, indem sie den größten Teil der Umgebungsbedingungen mit Auswirkungen auf sowohl das DOPS als auch auf Entfernungsmessfehler abdeckt.
- Es werden keine extremen Grenzwerte für Umgebungsparameter gesucht, sondern eine Präferenz für ungünstigste Fälle in Bezug auf einige übliche Parameter: Auf diese Weise müssen die meisten Prüfaufzeichnungen gegen Ende des Frühlings und am Nachmittag erstellt werden, sodass sich keine vorteilhaften Auswirkungen durch Blattwerk und ionosphärische Verzögerungen ergeben können.

Bild 3 veranschaulicht die Philosophie der in der Normenreihe EN 16803 vorgeschlagenen Definition der Prüfzenarien.

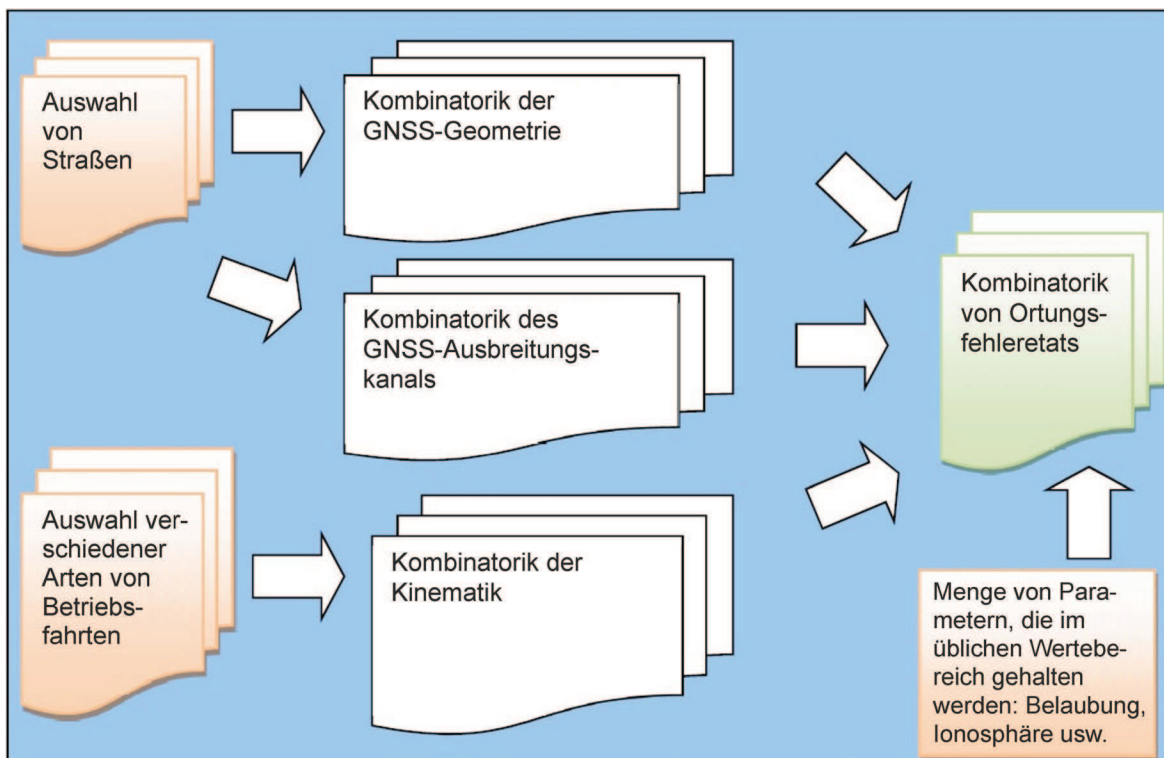


Bild 3 — Methodik für die Erstellung der Kombinatorik von Einsatzszenarien

4.2.3.2.2 Aufstellungsbedingungen

Die Datenaufzeichnung wird einmal zu jedem Einsatzszenario durchgeführt, und die Aufzeichnung muss für die Wiedergabe auf anderen Geräten amtlich zugelassen werden. Die GNSS-Antenne (Bandbreite, ungerichteter Strahl, Geländeebene, Rauschzahl, Stabilität des Phasenzentrums usw.) ist nicht notwendigerweise die Antenne des GBPT. Die Kennwerte der GNSS-Antenne und die Antenneninstallation müssen im Gegenteil sorgfältig gewählt werden, damit sie die Qualität des ausgestrahlten GNSS-Signals nicht über die Ausbreitung hinaus bis hin zur Einbaustelle der Antenne stören: hemisphärische Strahlung, keine zusätzliche Verdeckung, keine zusätzliche Mehrwegausbreitung, keine zusätzliche Dämpfung usw. Außerdem sollte die gewählte GNSS-Antenne vorzugsweise die gemeinsame Quelle für den Referenzempfänger sein, um die R&R-Daten und das Messeinrichtung zur Erfassung der Referenztrajektorie (RTMeS, en: Reference Trajectory Measurement System) zu validieren.

4.2.3.2.3 Straßenwahl

Im Hinblick auf die Trajektorien, die anzuwenden sind, um die Einsatzszenarien abzudecken, mit denen die Anwendungen des Autos typischerweise konfrontiert sein können, könnte es wichtig sein, in das Einsatzszenario eine Vielzahl von Trajektoriesituationen bezüglich einer Reihe von Parametern einzubeziehen:

- **Richtcharakteristik** von Straßen, Geradheit/Krümmungen: Es sollten mehrere Prüffälle unterschieden werden, die sowohl lange, regelmäßige, in einer Richtung verlaufende Straße als auch häufig die Richtung wechselnde Straßen sowohl in ländlichen als auch in städtischen Umgebungen abdecken. Tatsächlich kann die Änderung der Verdeckung der Satelliten durch die Gebäude am Straßenrand bei geraden Straßen langsam erfolgen, während sie bei Straßen mit häufigem Richtungswechsel recht schnell erfolgen kann, was die Wirkung der für die Wiedererlangung des Satellitensignals erforderlichen Zeit im zweiten Fall hervorhebt;
- **Gefälle** von Straßen flach/moderater Anstieg/langer Anstieg/unklare Höhenlage: Ebenso wie für vertikale Leistungsdaten ist es auch hier wichtig, eine verschiedenartige Topologie zwischen flach und gebirgig zu erhalten.

Die Vielfalt in den Trajektoriepfaden besteht in der Kreuzung der beiden Merkmale: Richtcharakteristik und Gefälle.

4.2.3.2.4 Wahl der Fahrttypen

Auch in Bezug auf die bewegungsdynamischen Kennwerte existiert eine Vielfalt. Wir werden im vorliegenden Dokument fünf typische Situationen betrachten, die typische dynamische Situationen gut identifizieren:

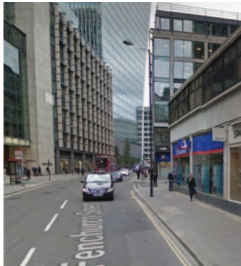
Regelmäßige Langstrecke	Häufige berufliche Stopps	Stoßzeiten	Sonntags in der Stadt	Sonntags auf dem Land
		 		

Bild 4 — Aufteilung der Fahrten

- **„Regelmäßige Langstrecke“:** Tourismus oder internationale Transporte auf Schnellstraßen von Stadt zu Stadt. Diese typische Straßenstrecke sollte ein Geschwindigkeitsprofil ohne Stopp, mit regelmäßiger langer Beschleunigung von 0 km/h auf 100 km/h für den Start, regelmäßiger Geschwindigkeit bis 100 km/h über einen langen Zeitraum (keine Beschleunigung mit Ausnahme nur weniger Geschwindigkeitsänderungen kurzer Amplitude und Dauer zur Anpassung an den Verkehr oder zum Überholen von Fahrzeugen) und mit regelmäßigem langen Abbremsen zum Anhalten festlegen.
- **„Häufige berufliche Stopps“:** Lieferungen von Haus zu Haus, öffentlicher Nahverkehr. Diese typische Straßenstrecke, die sowohl in städtischen als auch ländlichen (flachen oder gebirgigen) Umgebungen vorliegen kann, umfasst häufige Beschleunigungen und Abbremsungen (z. B. einmal alle 3 (drei) Minuten) von mittlerer Geschwindigkeit bis zum Stopp und umgekehrt. Stopps können in jeder beliebigen GNSS-Umgebung, selbst unter einer Brücke erfolgen.
- **„Stoßzeit und unregelmäßig aufgrund von Verkehr“:** vorstädtisches bis städtisches Parken zu Stoßzeiten. Diese typische Straßenstrecke ist gekennzeichnet durch unregelmäßige Geschwindigkeiten, Anteile mit einer mittleren Schnelligkeit von 35 km/h und mit optionalen Stopps, z. B. wegen Verkehrsampeln, und Anteile mit alle paar Meter erfolgenden Stopps und Starts und einer maximalen Schnelligkeit von 15 km/h, manchmal starken Beschleunigungen/Abbremsungen und schließlich dem Halt auf einem städtischen Parkplatz in der Nähe von hohen Gebäuden. Anhalten für einige Stunden, danach erneuter Start für die Rückfahrt, ebenfalls zur Stoßzeit. Es erscheint wichtig, besonders für spezifische sicherheitsrelevante Anwendungen, die Leistungsdaten des Systems mit Schnelligkeitsunregelmäßigkeiten zu prüfen: plötzliche Bremsungen, um Zusammenstöße zu vermeiden oder starkem Verkehr Rechnung zu tragen.
- **„Sonntags in der Stadt“:** vorstädtisches bis städtisches unterirdisches Parken. Diese typische Straßenstrecke sollte eine vorstädtische bis städtische Strecke mit geringem Verkehr, aber Stopps aufgrund von Verkehrsampeln festlegen.
- **„Sonntags auf dem Land“:** kleine Straßen, regelmäßige Geschwindigkeit auf kleinen Teilstrecken, aufgrund von Krümmungen oder Urbanisierung veränderliche Schnelligkeiten. Auf dieser typischen Strecke sollten sich kleine Straßen mit mittelmäßig befahrenen Straßen in ländlichen oder gebirgigen Umgebungen abwechseln. Kleinste mittlere Schnelligkeit bei 25 km/h und größte mittlere Schnelligkeit bei 75 km/h. Normaler Verkehr.

4.2.3.2.5 Kreuzung von gewählten Straßen und Fahrten: vorgeschlagene Liste unitärer Prüfzenarien

Tabelle 1 — Vorschlag für eine Liste unitärer Prüfzenarien

UTS ID	Typische Fahrt	Typische Dauer	Liste von GNSS-Referenzumgebungen, die typischerweise im Verlauf einer Fahrt vorkommen	Typische Straßentopologie
A	Regelmäßige Langstrecke	60 min	Flache ländliche Umgebung, ländliche Umgebung mit Baumbestand, gebirgig, Europäisches Stadtrandgebiet	Große Schnellstraße oder Bundesstraße mit langen geraden Abschnitten zwischen großen Kurven, relativ häufige Brücken, die die betreffende Straße überqueren, leichte lange Anstiege.
B	Häufige berufliche Stopps	15 min	Flache ländliche Umgebung, ländliche Umgebung mit Baumbestand	Typischerweise ein Schulbus auf dem Land: häufige Richtungsänderungen, sowohl aufgrund von Kurven als auch der Navigation, besonders in flachen Bereichen oder mit leichten Anstiegen.
C	Häufige berufliche Stopps	15 min	Ländliche Umgebung mit Baumbestand, gebirgig	Schmale Straßen mit steilen Anstiegen und hohen Abdeckungen. Typischerweise ein Schulbus in gebirgigen Bereichen: startet auf einem Gebirgspass, mit vereinzelt Häusern, endet im Tal.
D	Häufige berufliche Stopps	15 min	Europäisches Stadtrandgebiet, Europäisches Stadtgebiet	Typischerweise eine städtische Buslinie.
E	Stoßzeiten	15 min	Europäisches Stadtrandgebiet, Europäisches Stadtgebiet	Schnellstraße, städtische Ringstraße mit großen Kurven, häufigen Brücken über die Straße oder kurzen Tunneln. Stau wegen starken Verkehrs.
F	Stoßzeiten	15 min	Moderne städtische Straßenschlucht, Europäisches Stadtgebiet	Enge Straßen in städtischen Straßenschluchten und größere Straßen mit hohen Gebäuden aus Glas. Stau wegen starken Verkehrs.
G	Sonntags in der Stadt	15 min	Europäisches Stadtrandgebiet, Europäisches Stadtgebiet	Typischerweise dieselbe Strecke wie E, jedoch wenn geringe Verkehrsdichte beobachtet wird, wie im Allgemeinen am Sonntag.

UTS ID	Typische Fahrt	Typische Dauer	Liste von GNSS-Referenzumgebungen, die typischerweise im Verlauf einer Fahrt vorkommen	Typische Straßentopologie
H	Sonntags in der Stadt	15 min	Moderne städtische Straßenschlucht, Europäisches Stadtgebiet	Typischerweise dieselbe Strecke wie F, jedoch wenn geringe Verkehrsdichte beobachtet wird, wie im Allgemeinen am Sonntag.
I	Sonntags auf dem Land	20 min	Flache ländliche Umgebung, ländliche Umgebung mit Baumbestand	Typischerweise dieselbe Strecke wie B, jedoch länger und ohne Halt.

Diese Tabelle kann auch durch das nachstehende Bild dargestellt werden:

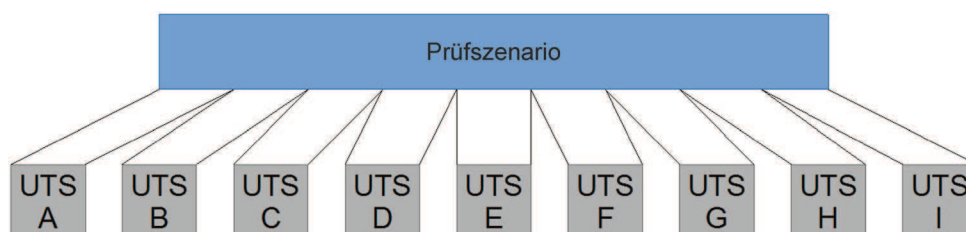


Bild 5 — Zusammensetzung der Prüfzuszenarien mit UTS

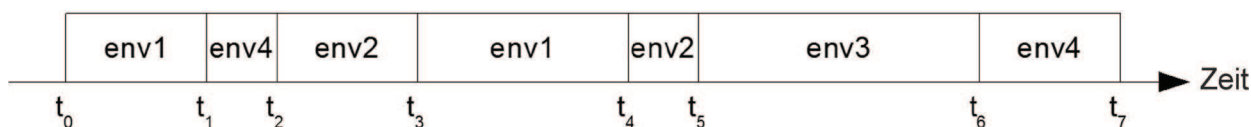


Bild 6 — Beispiel für eine UTS-A-Zusammensetzung

Dieses UTS-A-Beispiel enthält die 4 (vier) „übergeordneten Kategorien von GNSS-Referenzumgebungen“ (von env1 bis env4, wie in Tabelle 1 und Tabelle 2 festgelegt). Trennungszeiten (t_i) zwischen allen Umgebungen müssen vom Lab-A bereitgestellt werden.

Tabelle 2 — Umgebungsabdeckung nach UTS

Umgebungen	UTS A	UTS B	UTS C	UTS D	UTS E	UTS F	UTS G	UTS H	UTS I	UTS- Verknüpfung
env1 Flache ländliche Umgebung	Ja	Ja							Ja	A-B-I
env2 Ländliche Umgebung mit Baumbestand	Ja	Ja	Ja						Ja	A-B-C-I
env3 Gebirgig	Ja		Ja							A-C
env4 Europäisches Stadttrandgebiet	Ja			Ja	Ja		Ja			A-D-E-G
env5 Europäisches Stadtgebiet				Ja	Ja	Ja	Ja	Ja		D-E-F-G-H
env6 Moderne städtische Straßenschlucht						Ja		Ja		F-H

4.3 Festlegung der Prüfeinrichtungen: Welche Ausrüstung ist zu verwenden

4.3.1 Für die Aufzeichnungsphase

Die Datensätze der Szenarien müssen an Bord eines dedizierten Prüffahrzeugs aufgezeichnet werden. Dieses Prüffahrzeug muss spezielle Merkmale aufweisen, die in EN 16803-4 ausführlich beschrieben werden. Die wichtigsten sind im Folgenden aufgeführt:

- die Fähigkeit, ein GNSS-SIS-Aufzeichnungsgerät, auch als „Bit-Grabber“ bezeichnet, einzubetten;
- die Fähigkeit, eine Referenz-GNSS-Antenne einzubetten, die auf dem Dach des Fahrzeugs in einem optimalen Aufbau (keine Verdeckung, keine Mehrwegausbreitung) montiert ist;
- die Fähigkeit, eine RTMeS einzubetten, die für eine um mindestens eine Größenordnung bessere Genauigkeit/Verfügbarkeit als der DUT sorgen muss;

- die Fähigkeit, einen Bezugsgrößen-Prüfempfänger, wie in EN 16803-1:2016, 5.2.3.2 festgelegt, einzubetten, der notwendig ist, um die Feincharakterisierungsmetrik der Umgebung, wie in EN 16803-1:2016, 5.2.3.3, festgelegt, zu messen und das in Abschnitt 7 des vorliegenden Dokuments beschriebene Validierungsverfahren anzuwenden. Dieser Bezugsgrößenempfänger muss in der Lage sein, PVT-Daten und Rohmesswerte (mindestens Pseudobereiche) auszugeben²;
- die Fähigkeit, ein Videosystem einzubetten, das eine Frontkamera nutzt, um Bilder der Umgebung aufzuzeichnen;
- die Möglichkeit, auf interne Daten des Fahrzeugs (z. B. des CAN-Busses) zuzugreifen und/oder zusätzliche Sensoren (z. B. Rad-Wegstreckenzähler) für die Messung der zurückgelegten Strecke einzubauen.

4.3.2 Für die Wiedergabephase

Dieser Teil wird in Abschnitt 6 ausführlicher beschrieben. Diese Phase muss von einem universell aufgestellten HF-Prüflaboratorium durchgeführt werden. Dieses Laboratorium muss folgende Eigenschaften haben:

- die Fähigkeit, SIS aus einer I/Q-Datenbank wiederherzustellen, die mit Hilfe des im vorangegangenen Absatz erwähnten GNSS-SIS-Aufzeichnungsgeräts aufgezeichnet und vom bevollmächtigten auf GNSS spezialisierten Laboratorium zur Verfügung gestellt wurden;
- die Fähigkeit, diese wiederhergestellten SIS auf einen DUT anzuwenden, unabhängig von der GNSS-Schnittstelle des DUT. Falls der DUT über einen Anschluss für eine externe GNSS-Antenne verfügt, muss vorzugsweise eine durchgeführte Möglichkeit für die Wiedergabe des SIS genutzt werden. Falls der DUT keinen externen Anschluss besitzt (und also über eine interne Antenne verfügt), muss für die Ausstrahlung des SIS ein reflexionsfreier Raum genutzt werden;
- die Fähigkeit, die vom DUT ausgegebenen PVT durch Befolgung der vorliegenden Norm und durch Anwendung der vom bevollmächtigten auf GNSS spezialisierten Laboratorium bereitgestellten Ground-Truth-Trajektorie zu protokollieren und zu analysieren;
- die Fähigkeit, das Gerät auf eine Betriebsart einzustellen, die die Durchführung der TTFF-Prüfung ermöglicht.

4.4 Beschreibung der Aufzeichnungsphase: Wie die Datensätze der Prüfscenarien auszuarbeiten sind

4.4.1 Allgemeines

Ziel der Aufzeichnungsphase ist die Aufzeichnung der Datensätze, die in Verbindung mit den Metadaten, die die Prüfung beschreiben, das genormte Prüfscenario bilden. Sie muss einmal durchgeführt werden, sofern es nicht aufgrund eines Problems notwendig wird, sie zu wiederholen. In der vorliegenden Europäischen Norm wird dies zur Information kurz beschrieben, in der derzeit in Vorbereitung befindlichen EN 16803-4 jedoch genauer festgelegt.

2 Um sein Wiedergabeverfahren zu validieren, kann das auf GNSS spezialisierte Laboratorium die aufgezeichneten PVT-Daten mit den durch Wiedergabe der SIS-Daten im Bezugsgrößenempfänger erhaltenen PVT-Daten vergleichen.

Laboratorien, die dieses Verfahren anwenden, müssen über ein in Bezug auf GNSS hochqualifiziertes Team verfügen, das eine Vereinbarung besitzt, die von den zweckdienlichen nationalen/Europäischen Straßenverkehrsbehörden gewährt wurde und sowohl die Kompetenz des Labors für GNSS als auch sein Qualitätssicherungsmanagement (vom Typ ISO/IEC 17025) anerkennt. Zusätzlich müssen die vom Labor für diese Phase ausgegebenen Daten regelmäßig von den Behörden überprüft werden, bevor sie die Übertragung der Datensätze an generische Labore oder Hersteller, die für die Leistungsüberprüfungen handelsüblicher Geräte zuständig sind, ermöglichen.

Sobald die Akteure fortzufahren berechtigt sind, kann die Einsatzprüfungskampagne für die Aufzeichnung der Daten (GNSS-SIS + zusätzliche Sensoren + RTMeS + Bezugsgrößenempfänger) im gespeicherten Einsatzszenario in 4 (vier) nacheinander erfolgende Schritte unterteilt werden:

- 1) Festlegung des Prüfplans;
- 2) Vorbereitung des Prüfstandes und Verifizierung der vorschriftsmäßigen Funktion;
- 3) Durchführung der Einsatzprüfung;
- 4) Datenlenkung und -archivierung.

4.4.2 Prüfplan

Dieser erste Schritt umfasst vier Aktivitäten:

- Ausarbeitung und Dokumentation des Kampagnenplans;
- Zuordnung des Schlüsselpersonals;
- Prüfstandsinventur;
- Vorbereitung der Prüfblätter.

4.4.3 Vorbereitung des Prüfstandes und Verifizierung der vorschriftsmäßigen Funktion

Vor dem Start der Testkampagne muss das für die Prüfung zuständige Laboratorium einen Probelauf durchführen:

- Lenkung aller Prüfverfahren, von den Einstellungen bis hin zu den Ergebnissen und einschließlich der Datenanalyse;
- Überprüfung aller Teile der Messausrüstung, die signifikante Auswirkungen auf die Genauigkeit oder die Integrität der Messungen haben, vor jedem Einsatz.

4.4.4 Durchführung der Einsatzprüfung

Die Datenkampagne muss sehr methodisch durchgeführt werden.

Der Fahrer muss eine „Fahrzeugsicherheits-Checkliste“ und eine „Fahrsicherheitserklärung“ ausfüllen.

Nach Beendigung jeder Fahrt muss ein „Missionsbericht“ ausgefüllt werden, in dem alle maßgeblichen Informationen mit Einfluss auf die Strecke (z. B. Staus, Verkehrsstockung, Streckenänderungen aufgrund von Umleitungen usw.) erwähnt werden.

4.4.5 Datenlenkung und -archivierung

4.4.5.1 Allgemeines

Dieser letzte Schritt umfasst vier Aktivitäten:

- Archivierung der Einsatzprüfungsdaten;
- Ausarbeitung der Referenztrajektorie;
- Segmentierung der Daten nach der Umgebung;
- Validierung von Daten durch Wiedergabe auf dem Bezugsgrößenempfänger.

4.4.5.2 Archivierung der Einsatzprüfungsdaten

Es müssen spezifische, vom Qualitätsmanager genehmigte Verfahren angewendet werden, um die erfassten Daten zu schützen. Diese Verfahren berücksichtigen die Integrität der erfassten Daten, deren Speicherung sowie ihre Übertragung und Behandlung.

4.4.5.3 Ausarbeitung der Referenztrajektorie

Die von der RTMeS aufgezeichneten Daten müssen verarbeitet werden, um die Referenztrajektorie auszuarbeiten, die zur Berechnung der Fehler, denen das DUT und die Metriken unterliegen, verwendet wird.

Es müssen dokumentierte Verifizierungsverfahren angewendet und entsprechende Berichte erstellt werden, um die Qualität der Referenztrajektorie zu beurteilen und zu überprüfen, ob sie mit der erwarteten Genauigkeit des DUT verträglich ist.

4.4.5.4 Segmentierung der Daten nach der Umgebung

Die in der Datei enthaltenen Daten wurden im Verlauf der auf einer Auswahl von Straßen durchgeführten Einsatzprüfung aufgezeichnet. Bei der Auswahl dieser Straßen wurde grob eine Mischung aus verschiedenen GNSS-Referenzumgebungen gewählt.

In den meisten Fällen muss bei der Leistungsüberprüfung von GBPT im Kontext des Straßentransports die Umgebung berücksichtigt werden, in der das GBPT betrieben wird (siehe 4.2.2.1). Entsprechend müssen die Dauern der aufgezeichneten Datendateien, die einer Umgebung x entsprechen, zusammen mit den Daten angegeben werden, damit das universell aufgestellte HF-Laboratorium, das die Wiedergabephase ausführt, in der Lage ist, die PVT-Datenausgabe durch den DUT nach diesen Dauern zu trennen und die Metriken in Bezug auf die verschiedenen Umgebungen zu berechnen.

Hierfür muss das auf GNSS spezialisierte Laboratorium, das die Szenarien erstellt:

- auf die erfassten Daten jedes Szenarios ein genormtes Segmentierungsverfahren anwenden (das in der gegenwärtig in Vorbereitung befindlichen EN 16803-4 enthalten sein wird). Dieses Segmentierungsverfahren kann auf mehreren einander ergänzenden Signalverarbeitungsverfahren basieren (Feincharakterisierungsmetrik der Umgebung nach EN 16803-1:2016, 5.2.3.4, Kennwerte der aufgezeichneten Signal/Rausch-Dichte (C/N_0) vom GNSS-Empfänger der RTMeS, Analysen der aufgezeichneten Videos usw.);
- aus diesem Verfahren Orts- und/oder Zeitfilter ableiten, die die Unterscheidung der verschiedenen übergeordneten Kategorien von Umgebungen für jedes Szenario ermöglichen:

- $\{[T_{begin11}..T_{end11}], \{[T_{begin12}..T_{end12}], \dots, \{[T_{begin1n1}..T_{end1n1}]$ definiert den zur Berechnung der Metriken auf die DUT-Ortungsausgaben anzuwendenden Zeitfilter und die DUT-Klasse für **flache ländliche Umgebungen**;
- $\{[T_{begin21}..T_{end21}], \{[T_{begin22}..T_{end22}], \dots, \{[T_{begin2n2}..T_{end2n2}]$ definiert den zur Berechnung der Metriken auf die DUT-Ortungsausgaben anzuwendenden Zeitfilter und die DUT-Klasse für **ländliche Umgebungen mit Baumbestand**;
- $\{[T_{begin31}..T_{end31}], \{[T_{begin32}..T_{end32}], \dots, \{[T_{begin3n3}..T_{end3n3}]$ definiert den zur Berechnung der Metriken auf die DUT-Ortungsausgaben anzuwendenden Zeitfilter und die DUT-Klasse für **gebirgige Umgebungen**;
- $\{[T_{begin41}..T_{end41}], \{[T_{begin42}..T_{end42}], \dots, \{[T_{begin4n4}..T_{end4n4}]$ definiert den zur Berechnung der Metriken auf die DUT-Ortungsausgaben anzuwendenden Zeitfilter und die DUT-Klasse für **europäische Stadtrandgebiete**;
- $\{[T_{begin51}..T_{end51}], \{[T_{begin52}..T_{end52}], \dots, \{[T_{begin5n5}..T_{end5n5}]$ definiert den zur Berechnung der Metriken auf die DUT-Ortungsausgaben anzuwendenden Zeitfilter und die DUT-Klasse für **europäische Stadtgebiete**;
- $\{[T_{begin61}..T_{end61}], \{[T_{begin62}..T_{end62}], \dots, \{[T_{begin6n6}..T_{end6n6}]$ definiert den zur Berechnung der Metriken auf die DUT-Ortungsausgaben anzuwendenden Zeitfilter und die DUT-Klasse für **moderne städtische Straßenschluchten**.
- die Gesamtdauer aller Filter berechnen und deren Übereinstimmung mit der allgemeinen im vorliegenden Dokument abgelehnten Anforderung verifizieren – 4.2.2.2.4.

4.4.5.5 Validierung von Daten durch Wiedergabe auf dem Bezugsgrößenempfänger

Das Ziel dieses Verfahren ist, die vorschriftsmäßige Funktion und die Konsistenz des gesamten R&R-Prozesses durch Vergleich der in Echtzeit durch den Bezugsgrößenempfänger ausgegebenen PVT-Daten mit den vom selben Bezugsgrößenempfänger ausgegebenen PVT-Daten zu validieren, wenn die aufgezeichneten Datendateien im Labor wiedergegeben und in diesen eingespeist werden.

Dieser Vergleich muss auf der Ebene des Positions- oder Geschwindigkeitssignals, aber auch auf der Ebene der Metriken erfolgen. Das bedeutet, dass einige spezifische Metriken (d. h. Horizontalpositionsgenauigkeit, Schnelligkeitsgenauigkeit, die in der gegenwärtig in Vorbereitung befindlichen EN 16803-4 definiert werden) auf beide PVT-Daten angewendet werden müssen, und es müssen genormte Abstände zwischen beiden Ergebnissen angewendet werden, um zu überprüfen, ob die Abweichungen zwischen ihnen einen gegebenen Schwellenwert nicht überschreiten.

Diese Ergebnisse werden in das Prüfszenario einbezogen und müssen vom universell aufgestellten HF-Laboratorium für die Anwendung seines eigenen Validierungsverfahrens, das in Abschnitt 7 des vorliegenden Dokuments ausführlich beschrieben ist, verwendet werden.

4.5 Wiedergabephase: Überprüfung der DUT-Leistungsdaten

Dieser Unterabschnitt schließt den Überblick über den gesamten Überprüfungsprozess ab. Der letzte Schritt ist die Prüfung des GPBT oder des DUT basierend auf all den vorangegangenen Elementen. Diese Wiedergabephase lässt sich in die folgenden Schritte unterteilen, die in Abschnitt 6 ausführlich beschrieben werden:

- Überprüfung des Inhalts des Prüfszenarios: ein Schritt, der benötigt wird, um zu verifizieren, ob die Daten vom HF-Prüflaboratorium verwendet werden können;