VDV Die Verkehrs-
unternehmen

VDV-Schrift 457

11/2025

Automatische Fahrgastzählsysteme

Handlungsempfehlungen zur Anwendung von AFZS im öffentlichen Personenverkehr, Version 2.3

VDV-Schrift 457 11/2025

Automatische Fahrgastzählsysteme

Handlungsempfehlungen zur Anwendung von AFZS im öffentlichen Personenverkehr, Version 2.3

Gesamtbearbeitung Version 2.0
Arbeitsgruppe "Automatische Fahrgast Zählsysteme" (Obmann: Dr. Rudolf Stagl, MVV, München)

Die Arbeitsgruppe berichtete an den Ausschuss für Informationsverarbeitung und den Unterausschuss Statistik

Autorenverzeichnis
Dr. Silvia Köhler, BVG, Berlin
Stephan Bobinger, MVG, München
Ronny Branick, DB Vertrieb GmbH, Berlin
Bernd-Michael Cerfontaine, VVS, Stuttgart
Sven Krogull, MDV, Leipzig
Andreas Luther, DB Vertrieb GmbH, Berlin
Dr. Manfred Ritschel, TCAC, Dresden
Michael Schulze, MVV, München
Manfred Starck, HVV, Hamburg
Winfried Bruns, VDV, Köln

Bearbeitung Version 2.1

Dr. Manfred Ritschel, TCAC, Dresden
Dr. Silvia Köhler, BVG, Berlin
Ronny Branick, DB Vertrieb GmbH, Berlin
Prof. Edgar Brunner, Universität Göttingen
David Ellenberger, Universität Göttingen
Andreas Luther, DB Vertrieb GmbH, Berlin
Michael Siebert, Interautomation, Berlin
Winfried Bruns, VDV, Köln

Bearbeitung Version 2.2

Dr. Manfred Ritschel, TCAC, Dresden
Mathias Baumann, INTERAUTOMATION
Andreas Luther DB.RES
Ronny Branick DB.RES
Michael Schulze, MVV
Titus Engel, Otrend, Leipzig (Anlage)
Sascha Ritzmann; Otrend, Leipzig (Anlage)
Torsten Kämpfe, TCAC-GmbH, Dresden (Anlage)

VDV-Schrift 457 11/2025

Bearbeitung Version 2.3	Dr. Manfred Ritschel, TCAC, Dresden Dr. Xiaojun Li, VVS Marleen Pfeiffer, BVG Andreas Luther, DB RES Ronny Branick, DB RES Michael Siebert, iris Joachim Grettenberger, iris Dr. David Ellenberger Matthias Baumann, INTERAUTOMATION
XML-Schnittstellen	Baumann, Berlin Bracher, DRESEARCH, Berlin-Friedrichsfelde Branick, Berlin Cerfontaine, VVS, Stuttgart Ebeling, SIGNON, Hamburg Foerster, HVV, Hamburg Friebel, Connective GmbH, Hüttwilen Grettenberger, Iris, Berlin Hagemann, Hannover Herold, COSMO CONSULT BI Gmb, München Keppeler, GVS, Hannover Kluge, Berlin Köhler, BVG, Berlin Langenhan, Berlin Löhner, WVI, Braunschweig Oltrogge, WVI, Braunschweig Rebske, Bad Nenndorf Schmidt, UVT GmbH, Mainz Schubert, IRIS, Berlin Schüßler, DRESEARCH, Berlin-Friedrichsfelde Sonderegger, Neuhausen am Rheinfall Tröller, Neuhausen am Rheinfall Vogel, PTV, Karlsruhe Winfried Bruns, VDV, Köln
Bearbeitung Rohdatenschnittstelle 457-2 von 2022	Baumann, Interautomation, Berlin Bracher, DRESEARCH, Berlin-Friedrichsfelde Branick, DB Vertrieb GmbH, Berlin Hagemann, Wolfgang Hagemann Consult, Hannover Schüßler, DRESEARCH, Berlin-Friedrichsfelde

© Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e. V. Köln 2025 | Alle Rechte, einschließlich des Nachdrucks von Auszügen, der fotomechanischen oder datenverarbeitungstechnischen Wiedergabe und der Übersetzung, vorbehalten.

Vorwort

Entscheidungs-, Kontroll- und Nachweisprozesse benötigen statistisch gesicherte Daten. Gerade auch für nachfragebasierte Einnahmenaufteilungsverfahren sind solche Daten zu Größe, Struktur und raumzeitlicher Verteilung der Verkehrsnachfrage im öffentlichen Personenverkehr unerläßlich. Statistisch gesicherte Daten sind notwendig als Nachweisgrößen zur Finanzierung von Verkehrsleistung im Zusammenhang mit VO (EG) Nr. 1370./-2007 in der Verkehrs- und Angebotsplanung sowie innerhalb von Ausschreibungen.
Nachfragedaten werden damit sowohl von den Unternehmen als auch von den Aufgabenträgern und Verkehrsverbünden zunehmend benötigt und verwendet.

Neben der statistischen Qualität und dem Grad der Aggregation der Daten zur Verkehrsnachfrage stellt auch der damit verbundene Aufwand für die Gewinnung und Fortschreibung dieser Daten eine wesentliche Komponente dar. Hier ist zwischen den Verfahren einer Verkehrszählung und Befragung und einer ausschließlichen Verkehrszählung auf Basis von Automatischen Fahrgastzählsystemen zu unterscheiden. Eine Verkehrszählung mit manueller Fahrgastbefragung ermöglicht detaillierte Erkenntnisse über das Fahrgastverhalten (Quelle/Ziel einer Fahrt; genutzte Fahrscheinart etc.), ist aber hinsichtlich der Datengewinnung tendenziell aufwändig. Insofern wird diese Form üblicherweise in zeitlichen Abständen von 3-5 Jahren zur Anwendung kommen.

Eine Verkehrszählung auf Basis von Automatischen Fahrgastzählsystemen (AFZS) bildet hingegen aus den Erfassungs- bzw. Berechnungsgrößen Einsteiger sowie Aussteiger je Haltestelle und Besetzung zwischen 2 Haltestellen nur die Kenngrößen Verkehrsmenge (Linienbeförderungsfälle) sowie die Verkehrsleistung (km) in der erforderlichen raumzeitlichen Struktur ab, benötigt jedoch einen geringeren Erhebungsaufwand. Hinzu kommt die Möglichkeit einer Verwendung von Automatischen Fahrgastzählsystemen auch im Zusammenhang mit Verkehrsbefragungen sowie für die Fortschreibung von Daten aus Verkehrsstromerhebungen. Daher rüsten viele ÖPNV- und SPNV-Unternehmen ihre Fahrzeuge mit automatischen Fahrgastzählsystemen aus.

Von besonderer Wichtigkeit ist die Tatsache, dass die gewonnenen Zähl- und Hochrechnungsergebnisse unterschiedlicher Fahrzeugarten und unterschiedlicher Verkehrsunternehmen hinreichend genau und untereinander vergleichbar sind. Dies ist beispielsweise eine zentrale Forderung, wenn die Daten als Berechnungsgrundlage in die Einnahmeaufteilung von Verbünden oder in Ausgleichszahlungen einfließen sollen. Damit besteht der Anspruch zur Verfügbarkeit von einheitlichen Systemlösungen für den ÖPNV und für den SPNV. Diesen Anspruch soll die überarbeitete Fassung der VDV-Schrift 457 erfüllen.

Dabei ist zu beachten, dass verkehrsartspezifische Begriffe wie z. B. „Bahnhofsbelastung“ systemübergreifend gleichermaßen als „Haltestellenbelastung“ zu interpretieren sind.

Damit werden in der überarbeiteten VDV-Schrift alle Anforderungen, Empfehlungen und Hinweise in den Kapiteln

— 1 Einsatzfelder und funktionale Anforderungen

— 2 Statistische Anforderungen an AFZS

— 3 Elemente der Messfahrtenplanung

— 4 Stichproben- und Ausrüstungsumfang

— 5 Disposition der Messfahrten im Fahr- bzw. Umlaufplan

— 6 Kontrolle und Korrektur der Qualität der durchgeführten Messfahrten

— 7 Vorgaben zur Messgenauigkeit

— 8 Korrektur- und Ausgleichsverfahren

— 9 Mögliche Standardlösungen für betrieblich-technische Sonderfälle

— 10 Plausibilitätsprüfungen und Korrekturen

— 11 Hochrechnung

ausführlich dargestellt und erläutert.

Spezifische Hinweise, Regelungsgegenstände und Anforderungen werden in

Anlage 1: Checkliste Qualitätsmanagement laufender Betrieb AFZS

Anlage 2: Regelkatalog zur Prüfung und Testierung der Messgenauigkeit

Anlage 3: Regelkatalog zur Systemabnahme Hintergrundsystem

Anlage 4: Rahmenlastenheft

Anlage 5: Schnittstellenspezifikation

Anlage 6: Regelkatalog Prüfung und Testierung Meßgenauigkeit Fahrräder

Anlage 7: Regelkatalog Prüfung und Testierung Meßgenauigkeit Echtzeitbesetzungen

Anlage 8: Videobasierte Vergeleichszählung

Anlage 9: Änderungsauswirkungsanalyse

aus Anwendersicht für eine Verwendung in realen Projekten vertiefend dargestellt.

Für alle praktischen Anwendungen ist auf folgende Aspekte zu verweisen:

a) Die VDV-Schrift einschließlich aller Anlagen ist ein in sich schlüssiges Gesamtdokument und alle hier enthalten Hinweise, Empfehlungen und Regelungen können nur in diesem inhaltlichen und methodischen Kontext zur Anwendung kommen. Eine separierte Betrachtung oder Herauslösungen einzelner Betrachtungen wird als nicht zielführend angesehen.

b) Es ist in jedem Fall erforderlich, den Bezug auf den konkreten Anwendungsfall und die hier bestehenden technischen, wirtschaftlichen und organisatorischen Bedingungen des betreffenden Verkehrsunternehmens herzustellen. Das gilt insbesondere für die Erarbeitung von Lastenheften. Die beigefügten Rahmenlastenhefte dienen nur einer generellen Orientierung und können die gründliche Analyse der Ausgangsbedingungen und der Zielsetzungen für die Anwendung von AFZS im jeweiligen Verkehrsunternehmen nicht ersetzen. Aus den angebotenen Möglichkeiten und Vorgaben müssen die spezifischen Anforderungen des ausschreibenden Verkehrsunternehmens entwickelt werden.

c) Bei der Planung der Einführung von AFZS muss darauf verwiesen werden, dass es sich hier um einen komplexen Prozess handelt. Dabei geht es sowohl um technische als auch um organisa-

torische Prozesse. Insofern muss vor Einführung geprüft werden, welches Know-how im Unternehmen zur Verfügung steht, welche notwendigen personellen Voraussetzungen zu schaffen sind und wie eine Einordnung in die Aufbau- und Ablauforganisation des Unternehmens erfolgen soll. Mit der Anlage 1 soll hier mit einer Check-Liste dargestellt werden, welche Prozesse zur Qualitätssicherung im laufenden Betrieb zu realisieren und bei der Entscheidungsvorbereitung zu berücksichtigen sind.

d) Hinsichtlich der zeitlichen Planung bei der Einführung von Automatischen Fahrgastzählsystemen ist diese Komplexität eine wichtige Einflussgröße. Für die nachfolgend dargestellten prototypischen Arbeitsschritte

- Bestimmung der funktionalen und statistischen Anforderungen
- Erarbeitung von unternehmensspezifischen Lastenheften (Anforderungsspezifikation)
- Ausschreibung/Vergabe
- Erstellen der unternehmensspezifischen Pflichtenhefte (Feinspezifikation)
- Installation der Einzelsysteme
- Systemintegrationstests
- Vergleichszählung zur Testierung der Messgenauigkeit
- Systemabnahme
- Referenzanwendungen

ist auf Basis von Erfahrungen aus zahlreichen Referenzprojekten mindestens vom Zeitraum eines Jahres auszugehen.

Werden die Rahmenbedingungen eingehalten, sind individuelle, innovative Systemlösungen möglich. Die einzelnen Systemkomponenten unterschiedlicher Hersteller können so gestaltet werden, dass sie zueinander kompatibel sind oder sich in bestehende Systeme integrieren lassen.

Auf diese Weise soll jedes Verkehrsunternehmen in die Lage versetzt werden, die jeweils optimale Lösung unter Verwendung von Komponenten unterschiedlicher Anbieter umzusetzen.

Ergänzung zum Vorwort Version 2.1

Die nunmehr vorliegende Version 2.1 zur VDV-Schrift 457 enthält im Kapitel 7 „Vorgaben zur Messgenauigkeit“ Seite 41 sowie in dem Abschnitten 13.1 und 13.2 im Kapitel 13 (Anlage 2 „Regelkatalog zur Prüfung und Testierung der Messgenauigkeit“) Ergänzungen und Veränderungen zur Nachweisführung der statistischen Unverzerrtheit von automatischen Fahrgastzählsystemen.

Hier wurde bereits in der Version 2.0 der VDV-Schrift 457 unter Punkt 13.2.3 „Prüfung der statistischen Unverzerrtheit“ Seite 72, darauf hingewiesen, dass mit der Entwicklung von Sensoren mit einer größeren Messgenauigkeit und geringeren Streuungen der Messwerte das Ziel besteht, diese Thematik weiter zur verfolgen. In diesem Sinne hat sich die AG Messgenauigkeit im Auftrag des VDV-Unterausschusses mit dem Thema Nachweis der statistischen Unverzerrtheit in Zusammenarbeit mit der Industrie und Wissenschaftspartnern weiter befasst. Im Ergebnis liegen nunmehr konkrete und anhand empirischer Daten aus praktischen Anwendungen verifizierte Vorschläge zum Nachweis der statistischen Unverzerrtheit vor. Diese beinhalten im Abschnitt **13.1** einmal eine Qualifizierung der Stichprobenplanung unter Berücksichtigung der Risiken der Anwender und der Hersteller, d.h. dass statistisch verzerrte AFZS zugelassen bzw. statistische unverzerrte AFZS abgelehnt werden. Zum anderen wird das bisherige t-Test-Verfahren durch das transparentere Verfahren Äquivalenztest ersetzt. Damit wird gesichert, dass ein AFZS nur dann testiert werden kann, wenn in der manuellen Vergleichszählung nachgewiesen wird, dass seine Abweichungen in der Messgenauigkeit eine vorab in der Stichprobenplanung zur Vergleichszählung definierte Grenze statistisch abgesichert nicht überschreitet. Diese Darstellungen, einschließlich einer Beispielrechnung sind im Abschnitt **13.2** enthalten.

Die Anwendung des Verfahrens zum Nachweis der statistischen Unverzerrtheit auf Basis des Äquivalenztests und der veränderten Stichprobenplanung unter Berücksichtigung der Fehler 1. und 2.Art sollte für alle ab 30.06.2019 veröffentlichten Ausschreibungen von AFZS erfolgen. Eine nachträgliche Anwendung auf Bestandsysteme bzw. für gegenwärtig in Ausschreibung und Beschaffung befindliche Systeme wird nicht empfohlen.

In Kapitel 16 wurden die Schnittstellen als XML-Schema definiert, die nun auf der Website des VDV unter https://www.vdv.de/afzs.aspx abrufbar sind.

Ergänzung zum Vorwort Version 2.2

Die Version 2.2 der VDV-Schrift 457 von 2023 enthält Veränderungen, Ergänzungen und inhaltliche Erweiterungen in den nachstehend genannten Kapiteln bzw. Abschnitten und Anlagen:

Das bisherige nur auf Vorgaben zur Messgenauigkeit für die Personenzählung ausgerichtete **Kapitel 7** Vorgaben zur Messgenauigkeit verbleibt für diesen Teil Personenzählung (Abschnitt 7.1) unverändert in der bisherigen Diktion. Das Kapitel wird jedoch um Vorgaben zur Messgenauigkeit für die Zählungen von Messkategorien (Fahrräder) in einen neuen Abschnitt 7.2 und um Vorgaben zur Messgenauigkeit bei Echtzeitzählungen in einem neuen Abschnitt 7.3 ergänzt.

Diese dazu notwendigen neuen Vorgaben werden in zwei gesonderten Anlagen, einmal Regelkatalog zur Prüfung und Testierung der Messgenauigkeit von Messkategorien (Fahrräder) als Anlage 6 und Regelkatalog zur Prüfung und Testierung der Messgenauigkeit für Echtzeitbesetzungen als Anlage 7 spezifiziert.

Der Regelkatalog Prüfung und Testierung der Messgenauigkeit von Messkategorien (Fahrräder) gemäß **Anlage 6** enthält alle Vorgaben für die Fallzahlplanung und Durchführung der Vergleichs-

zählung zur Testierung der Messgenauigkeit auf Basis von Haltestellentürereignissen sowie zur Testierung nach den Tests auf globale und statistische Unverzerrtheit auf Basis der gegenüber der Personenzählung veränderten d.h. abgesenkten Parametern gemäß Abschnitt 7.1.

Der Regelkatalog zur Prüfung und Testierung der Messgenauigkeit für Echtzeitbesetzungen gemäß **Anlage 7** wurde durch die INTERAUTOMATION unter Mitwirkung der Fa. TCAC-GmbH Dresden erarbeitet und enthält neben einer dezidierten Definition des Anwendungs- und Untersuchungsfeldes, die detaillierten Kriterien zur Bestimmung der Messgenauigkeit zur Echtzeit-Besetzung. Diese beziehen sich direkt auf die Messgröße der Besetzung und setzen nicht zwingend eine Erfassung der einzelnen Fahrgastwechselvorgänge mit „klassischen" türbezogenen AFZS voraus. Hier wird eine Anwendung auf Systeme die nach dem 30.06.2023 ausgeschrieben werden, empfohlen.

Eine weitere Veränderung ist im **Abschnitt 14.3** „Rezertifizierung Messgenauigkeit über Daten aus dem Hintergrundsystem" enthalten. Das hier beschriebene Verfahren zur laufenden Kontrolle der Messgenauigkeit auf Grundlage der aus den AFZS-Hintergrundsystemen verfügbaren automatisch gezählten Ein- und Aussteigern je Fahrt wurde hinsichtlich der damit verbundenen Arbeitsschritte präzisiert und vereinfacht.

Als neue Anlage wird in der Version 2.2 der VDV-Schrift 457 **Anlage 8** „Videobasierte Vergleichszählungen zur Testierung von AFZS" beigefügt. Diese Prozessbeschreibung und Anforderungen an die zu liefernden Daten wurden auf Initiative und durch die Fa. O.trend GmbH Leipzig unter Mitwirkung der Fa. TCAC-GmbH Dresden und der Fa. DResarch Fahrzeugelektronik GmbH und Derovis GmbH erarbeitet und in der AG Messgenauigkeit sowie dem zugehörigen wissenschaftlich-technischen Beirat abgestimmt. Die Verwendung von Video-Daten für die Testierung soll es ermöglichen den anstelle der bisherigen manuellen Ein-und Aussteigerzählungen auf den Fahrzeugen diese auf Basis von Videodaten am PC durchführen zu können. Die dazu notwendigen Vorgaben zum Prozessablauf, zu den bereitzustellenden Informationen und zu den Datenformaten werden hier definiert. Damit soll eine wesentliche Erleichterung des Aufwandes für die Erfassung der zum Nachweis der statistischen Unverzerrtheit notwendigen Anzahl von Haltestellentürereignissen ermöglicht werden.

In Anlage 5 Schnittstellenspezifikation erfolgte eine Überarbeitung und Erweiterung der Rohdaten-Schnittstelle 457-2 um Strukturen zur Übermittlung von Informationen zur „Besetzung". Diese wurde bereits vorab (2022) unter www.vdv.de/afzs zur Verfügung gestellt.

Ergänzung zum Vorwort Version 2.3

Die Version 2.3 der VDV-Schrift 457 von 2025 enthält Veränderungen, Ergänzungen und inhaltliche Erweiterungen in den nachstehend genannten Kapiteln bzw. Abschnitten und Anlagen:

Partitionierter Äquivalenztest (Anlage 2)

Seit der Einführung des Äquivalenztests zum Nachweis der statistischen Unverzerrtheit nach Schranke d) mit der VDV-Schrift 457 Version 2.1 wird zwar die größere Trennschärfe gegenüber dem bisherigen t-Test akzeptiert, aber gleichzeitig der Aufwand für die Prüfung der Messgenauigkeit je Haltestellentürereignis – teilweise als Ko-Kriterium für die Anwendbarkeit des Äquivalenztests - kritisiert. Es bestand somit die Anforderung ein Verfahren zu entwickeln, welches in der Lage ist, den Nachweis zur statistischen Unverzerrtheit, also die indirekte Prüfung, ob das Konfidenzintervall des Messfehlers im vordefinierten Äquivalenzbereich liegt, mit gleicher statistischer Schärfe, aber mit reduziertem Prüfaufwand zu führen.

Mit dem neuen **Abschnitten 13.1.4, 13.1.5, 13.1.6, 13.1.7 und 13.2.2.4** in Anlage 2 wird ein Verfahren zur Prüfung der statistischen Unverzerrtheit auf Basis des partitionierten Äquivalenztests

eingeführt, die zusätzlich zum weiterhin zulässigen bisherigen Äquivalenztest zur Anwendung kommen soll. Das Verfahren zum partitionierten Äquivalenztest basiert auf einer Unterscheidung der aufgezeichneten Videos in eine sichere und eine unsichere Partition nach dafür vorgeschlagenen Klassifikationsverfahren mit der Diktion, dass in der sicheren Partition eine zufällige Auswahl mit entsprechender Auszählungsquote der Videos erfolgt und in der unsicheren Partition diese von 2 Personen + Schiedsrichter (wie bisher) ausgezählt werden müssen. Damit liegen beim partitionierten Äquivalenztest alle Größen des bisherigen klassischen Äquivalenztests in der Diversifizierung nach sicherer und unsicherer Partition vor und werden final nach einem mehrfach extern evaluierten Berechnungsmodell zusammengeführt. Alle Schritte des neuen Verfahrens werden dargestellt und an zwei Beispielen mit unterschiedlichen Klassifikationsverfahren, einschließlich der Fallzahlplanung erläutert. Insgesamt ergibt sich der Vorteil des Verfahrens nicht in einer Reduzierung der Fallzahl Haltestellentürereignisse (HTE), sondern abhängig von der Partitionierung, in der Reduzierung des Prüfaufwandes je HTE.

Änderungsauswirkungsanalyse (Anhang zur Anlage 4)

Es wurde in der Branche das Problem thematisiert, im Fall von Firmwareupdates sicherzustellen, dass Auswirkungen auf die Zählqualität auszuschließen sind. Dieser Nachweis sollte im Rahmen einer allgemein gültigen Änderungsauswirkungsanalyse durch den Hersteller erfolgen. Dazu wurde eine bisher herstellerbezogene Regelung als allgemeine Handlungsempfehlung erarbeitet mit der sowohl Handlungsempfehlungen für ein formales Template als auch für die inhaltliche Ausgestaltung von Änderungsauswirkungsanalysen hinsichtlich der Methodik zur Bewertung der Auswirkungen und der Dokumentation der durchgeführten Änderungen gegeben werden. Die Anwendung der Änderungsauswirkungsanalyse ist auf Fälle reduziert, in denen der Zählkern nachweisbar unverändert geblieben ist und mit der Software-Änderung kein direkter Zusammenhang zur Zähldatenqualität besteht.

Verwendung Nachweisebene Verkehrsunternehmen (Anlage 2)

Insbesondere durch kleinere Verkehrsunternehmen mit mehreren Fahrzeugkategorien wurde aus wirtschaftlichen Gründen die Anwendung der Nachweisebene Verkehrsunternehmen anstelle Fahrzeugkategorie zur Testierung der Messgenauigkeit mehrfach gefordert. Da die Vorgaben zur Anwendung der Nachweisebene in der VDV-Schrift 457 Version 2.2 zur Anwendung der Nachweisebene Verkehrsunternehmen unscharf sind, bestand das Ziel, mit der Version 2.3 eine generelle Handlungsempfehlung zu erarbeiten.

Mit dem neuen bzw. präzisierten **Abschnitt 13.2.1** wird - im Sinne einer künftigen einheitlichen VDV-Handlungsempfehlung eine Lösung vorgeschlagen – dass ab mindestens 3 Fahrzeugkategorien und weniger als 10 Fahrzeugen pro Fahrzeugkategorie nach definierten Wirksamkeitsvoraussetzungen anstelle der Nachweisebene Fahrzeugkategorie, die Nachweisebene Verkehrsunternehmen verwendet werden kann. Im Sinne der Vergleichbarkeit der Messgenauigkeit in Verbünden wird hierzu für den Bezug auf die Nachweisebene Verkehrsunternehmen empfohlen, dass je Fahrzeugkategorie ein Stichprobenumfang von mindestens realisierten 1.230 HTE nachgewiesen werden muss. Bei Erfüllung dieser Bedingungen ist es zulässig, die Einhaltung der Schranken im Ergebnis einer manuellen Vergleichszählung auf Basis von 6.147 HTE auf der Aggregationsebene Verkehrsunternehmen auf Grundlage der Vorgaben zur Messgenauigkeit der jeweils gültigen Version der VDV-Schrift 457 nachzuweisen.

Angebot einer geringeren Standardabweichung (Anlage 2)

Mit der Version 2.2 der VDV-Schrift 457 wird als Vorgabe für die Fallzahlplanung der HTE für Vergleichszählung zur Testierung der Messgenauigkeit eine Standardabweichung der relativen Messfehler mit v = 20 % bzw. 0,2 und damit eine Fallzahl von 6.147 HTE einheitlich zugrunde gelegt. Da

Anbieter aktuell in der Lage sind, eine geringere Standardabweichung und eine damit geringere Fallzahl - zugleich als Aspekt einer besseren Wirtschaftlichkeit – anzubieten, waren die dafür relevanten statistischen und vertraglichen Handlungsempfehlungen zu erarbeiten. Mit dem ergänzten **Abschnitt 13.1.1** wird empfohlen, die Möglichkeit zuzulassen, dass der Anbieter bei unveränderter Einhaltung des Anwenderrisikos in Höhe von 5 % bzw. 0,05 und auf Basis eines hinreichend gesicherten empirischen Nachweises aus Referenzprojekten mit seinem Angebot eine geringere Standardabweichung des relativen Messfehlers je HTE zu Grunde legen kann. Für den Fall, dass sich im Ergebnis der Vergleichszählung ergibt, dass die vom Anbieter zugesagte geringere Standardabweichung nicht realisiert werden konnte, werden zur Absicherung des Risikos der Anwender Handlungsempfehlungen zur Klärung dieser Situation durch den Anbieter vorgeschlagen.

Ergänzung Rahmenlastenheft AFZS-Hintergrundsystem (Anlage 4)

Das bisherige Rahmenlastenheft bezog sich einmal mit seinen bisherigen Aussagen ausschließlich auf die Messkategorie Personen. Die mit der VDV-Schrift 457 Version 2.2 erfolgte Erweiterung auf die Messkategorien Fahrräder und Echtzeitbesetzungen, wurden als neue Anforderungsspezifikationen für AFZS-Hintergrundsysteme nicht berücksichtigt. Zum anderen fehlten Handlungsempfehlungen und Anforderungsspezifikationen für zentrale mandantenfähige AFZS-Hintergrundsysteme sowie mathematisch-statistische Vorgaben zur Ermittlung der Wahrscheinlichkeit der Sättigung der Stichprobe in der Messfahrtenplanung.

Mit dem überarbeiteten und ergänzten **Abschnitt 15.3** werden die bisher ausschließlich auf die Messkategorie Personen bezogenen Handlungsempfehlungen mit einer Novelle auf die Messkategorien Fahrräder und Echtzeitbesetzungen hinsichtlich Hochrechnung, Auswertungen und Messfahrtenplanung adaptiert sowie Anforderungsspezifikationen für zentrale mandantenfähige AFZS-Hintergrundsysteme sowie zur Ermittlung der Wahrscheinlichkeit der Sättigung der Stichprobe neu aufgenommen.

KI-Anwendungen (Online-Plattform zur VDV-Schrift 457)

Zur Bestimmung prototypischer KI-Anwendungsfelder beim Einsatz von AFZS wurde eine erste Übersicht möglicher Anwendungen erarbeitet, die zunächst auf der Website des VDV unter https://www.vdv.de/afzs.aspx abrufbar ist. Es bleibt vorbehalten in einer späteren Version der VDV-Schrift 457 diese Aspekte zu vertiefen und auch unter dem Aspekt möglicher statistischer Wirkungen zu bewerten.

Rahmenlastenheft Hardware (Anlage 4)

Zum Rahmenlastenheft Hardware wurden zunächst nur partielle Ergänzungen, Veränderungen und Aktualisierungen vorgenommen. Eine generelle Überarbeitung muss der nächsten Version vorbehalten bleiben.

Die genannten Veränderungen, Ergänzungen und neuen Handlungsempfehlungen wurden in der AG Messgenauigkeit gemeinsam mit dem wissenschaftlich-technischen Beirat der Hersteller erarbeitet und mit dem VDV-Unterausschuss Statistik abgestimmt.

Hinweise und Anregungen zu diesen Veränderungen nehmen der VDV-Unterausschuss Statistik sowie die AG Messgenauigkeit zusammen mit dem wissenschaftlich-technischen Beirat gern entgegen.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort			**5**
Abkürzungen			**20**
1	**Einsatzfelder und funktionale Anforderungen**		**22**
2	**Statistische Anforderungen an AFZS**		**26**
2.1	Übersicht	26	
2.2	Statistische Qualität von AFZS-Daten	26	
3	**Elemente der Messfahrtenplanung**		**30**
3.1	Messfahrtenplanung aufgrund geplanter Disposition	30	
3.2	Messfahrtenplanung aufgrund zufälliger Disposition	33	
4	**Stichproben- und Ausrüstungsumfang**		**35**
4.1	Stichproben- und Ausrüstungsumfang aufgrund geplanter Disposition	35	
4.1.1	Bestimmung des Stichprobenumfanges	35	
4.1.2	Planung der Ausstattungsumfänge für Fahrzeuge	36	
4.2	Stichproben- und Ausrüstungsumfang aufgrund zufälliger Disposition	38	
5	**Disposition der Messfahrten im Fahr- bzw. Umlaufplan**		**42**
5.1	Planbare Disposition der Messfahrten	42	
5.2	Zufällige Disposition der Messfahrten im Fahr- bzw. Umlaufplan	42	
6	**Kontrolle und Korrektur der Qualität der durchgeführten Messfahrten**		**43**
6.1	Kontrolle und Korrektur aufgrund geplanter Disposition	43	
6.2	Kontrolle und Korrektur aufgrund zufälliger Disposition	44	
7	**Vorgaben zur Messgenauigkeit**		**47**
7.1	Messgenauigkeit Personenzählung	47	
7.2	Messgenauigkeit Zählung von Messkategorien (Fahrräder)	47	
7.3	Messgenauigkeit Echtzeitbesetzung	48	
8	**Korrektur- und Ausgleichsverfahren**		**49**
8.1	Saldenausgleich	49	
8.2	Wartesaaleffekt	50	
9	**Mögliche Standardlösungen für betrieblich-technische Sonderfälle**		**52**
9.1	Sonderfälle ÖPNV	52	

9.2	Sonderfälle SPNV	52	
9.2.1	Produktionsform	52	
9.2.2	Angebotskonzepte	54	
9.2.3	Wagenkonzept	54	
9.2.4	Unterscheidung nach Wagenklassen	56	
9.2.5	Unterschiedliche Platzausnutzung in der gleichen Wagenklasse	57	
9.2.6	Überwachung Prozesskette	57	
10	**Plausibilitätsprüfungen und Korrekturen**		**59**
11	**Hochrechnung**		**60**
11.1	Schichtgebundene Hochrechung aus Stichprobe	60	
11.2	Hochrechnung aufgrund des Leistungsblockverfahrens	60	
11.3	Hochrechnung aufgrund Wagenkonzept	62	
12	**Anlage 1: Checkliste Qualitätsmanagement laufender Betrieb AFZS**		**63**
13	**Anlage 2: Regelkatalog zur Prüfung und Testierung der Messgenauigkeit**		**73**
13.1	Manuelle Vergleichszählung	73	
13.1.1	Stichprobenplanung mit dem Äquivalenztest	73	
13.1.2	Erläuterungen und Empfehlungen zur Paramterwahl Äquivalenztest	74	
13.1.3	Beispiel zur Stichprobenplanung Äquivalenztest	76	
13.1.4	Der Partitionierte Äquivalenztest	76	
13.1.5	Aufzeichnung- und Stichprobenplanung im Partitionierten Äquivalenztest	78	
13.1.6	Erläuterungen und Empfehlungen zur Paramterwahl Partitionierter Äquivalenztest	78	
13.1.7	Beispiel zur Aufzeichnungs- und Stichprobenplanung Partitionierter Äquivalenztest	79	
13.2	Messgenauigkeit	80	
13.2.1	Nachweisebene, Parameter und Vorgaben	80	
13.2.2	Ermittlung Messfehler	82	
13.2.2.1	Prüfung der Ein- und Aussteiger über alle Fahrten (Schranke a)	82	
13.2.2.2	Prüfung für Ein- und Aussteiger je Halt (Schranke b oder c)	83	
13.2.2.3	Prüfung der statistischen Unverzerrtheit (Schranke d), Äquivalenztest	83	
13.2.2.4	Prüfung der statistischen Unverzerrtheit (Schranke d), Partitionierter Äquivalenztest	87	
13.3	Vergleichszählungen zur Testierung der Messgenauigkeit	92	
13.3.1	Generelle Anforderungen	92	
13.3.1.1	Stufen zur Testierung der Messgenauigkeit	92	
13.3.1.2	Umfang der Vergleichszählung	93	
13.3.2	Manuelle Vergleichszählung zur Testierung Messgenauigkeit	93	
13.3.2.1	Vorgaben zur Durchführung der Vergleichserhebung	93	

13.3.2.1.1	Vorgaben zur Plausibilisierung der Vergleichserhebung	98
13.3.2.1.2	Dokumentation der Datengrundlagen	99
13.3.2.1.3	Vorgaben zur Übergabe der automatisch gezählten Daten	99
13.3.2.1.4	Qualitätssicherung Vergleichszählung	99
13.3.3	Durchführung von Vergleichszählungen mit (Video)Bildaufzeichnungen	100
13.3.3.1	Formen der Aufzeichnung	100
13.3.3.2	Datensicherheit (der Videobilder) im Fahrzeug	101
13.3.3.3	Datenschutz (der Videobilder) im Fahrzeug	101
13.3.3.4	Technische Anforderungen an die Videoaufzeichnung	102
13.3.3.5	Anforderungen an die Zuordnung der manuellen Zähldaten zu Fahrplanfahrten	103
13.3.3.6	Anforderungen an die Installation/Sicherheit der Geräte zur Vergleichszählung (Konfigur tion 1)	103
13.3.3.7	Zusätzliche Anforderungen an die Datenübertragung	104
13.3.3.8	Technische und organisatorische Anforderungen an die Auswertung von videobasierten Vergleichszählungen	104
13.3.3.9	Qualitätssicherung	105
13.3.3.10	Zusammenfassende Prozeßbeschreibung	105
14	**Anlage 3: Regelkatalog zur Systemabnahme Hintergrundsystem**	**106**
14.1	Zielsetzung	106
14.2	Szenarien zur Systemabnahme	107
14.2.1	Prüfinhalte	107
14.2.2	Beschreibung	108
14.2.2.1	Testszenario Datenexport und –import für Soll- und Ist-Daten	108
14.2.2.2	Testszenario Messfahrtenplanung	109
14.2.2.3	Kontrolle/Korrektur der Messfahrtenplanung	110
14.2.2.4	Prüfen erwartungstreuer Schätzer	111
14.2.2.5	Sonstige Funktionen	112
14.2.2.5.1	Transformationsquote	112
14.2.2.5.2	Übernahme der Information zu manuellen Zählungen	113
14.3	Rezertifizierung Messgenauigkeit über Daten aus dem Hintergrundsystem	113
14.3.1	Aufgabenstellung	113
14.3.2	Mathematisch-statistischer Ansatz	113
14.3.3	Ablauf der Rezertifizierung	114
15	**Anlage 4: Rahmenlastenheft**	**118**
15.1	Vorbemerkungen zum Rahmenlastenheft	118
15.2	Fahrzeugausrüstung – On Board-Systeme	119
15.2.1	Grundsätzliches / Zusammenhänge / Anforderungen	119
15.2.2	Sensoren / Erfassungssysteme	120

15.2.2.1	Anforderungen	120
15.2.2.2	Erfassungssysteme	121
15.2.2.3	Besondere Anforderungen an Videosensoren	121
15.2.2.4	Sensorgruppen	122
15.2.3	Fahrzeugsignale	122
15.2.3.1	Tür- und Wegsignal	122
15.2.3.2	Türsignal	123
15.2.4	Zentrale Fahrzeug-AFZ-Komponenten	124
15.2.4.1	Allgemeine Anforderungen	124
15.2.4.2	Aufgaben-Varianten	124
15.2.4.3	Fehlerdiagnose, Plausibilitätsprüfungen, Parametrierung	126
15.2.4.4	Änderungsauswirkungsanalyse	127
15.2.4.5	Besonderheiten beim Einsatz von Videotechnik	128
15.2.5	On Board-Schnittstellen	128
15.2.6	Verortung	128
15.2.6.1	Allgemeine Hinweise	128
15.2.6.2	Logische Ortung	129
15.2.6.3	GPS-Ortung	130
15.2.7	Datenerfassung	130
15.2.7.1	Grundsätze	130
15.2.7.2	Identifikation von Haltestelle und Fahrt	131
15.2.7.3	Besondere Anforderungen beim Einsatz von Videosensoren15F	132
15.2.8	Datenmanagement	132
15.2.8.1	Transformationsquote, Datenaufbereitung und Zusammenfassung	132
15.2.8.2	Datenattribuierung	134
15.2.8.3	Messgenauigkeit	134
15.2.9	Datenver- und -entsorgung (Datenübertragung)	134
15.2.9.1	Allgemeine Anforderungen	134
15.2.9.2	Anforderungen bei Einsatz von Videotechnik	135
15.2.10	Installationsplanung, Verkabelung und Montage im Fahrzeug	135
15.2.11	Einbaubedingungen	136
15.2.12	Wartung und Instandhaltung	139
15.2.13	Organisatorische Anforderungen	139
15.3	Hintergrundsystem	142
15.3.1	Grundsatzanforderungen	143
15.3.2	Systemarchitektur und -umgebung	145
15.3.2.1	Hardwarevoraussetzung	145
15.3.2.2	Softwarevoraussetzung	145
15.3.2.3	Datenversorgung	146
15.3.2.4	Sicherung und Archivierung	146
15.3.3	Schnittstellen	146

15.3.3.1.1 Plausibilitätsprüfung und Korrekturen 147
15.3.3.1.2 Protokollierung 148
15.3.4 Funktionalität 148
15.3.4.1 Allgemein 148
15.3.4.1.1 Anforderungen an das Datenmanagement 148
15.3.4.1.2 Administration 149
15.3.4.1.3 Anforderungen an die Bedienung 149
15.3.4.2 Hochrechnung 150
15.3.4.3 Auswertung 150
15.3.4.3.1 Allgemein 150
15.3.4.3.2 Fahrtenauswahl 153
15.3.4.3.3 Fahrgastzählung 154
15.3.4.3.4 Darstellung und Speicherung 154
15.3.4.4 Messfahrtenplanung 155
15.3.4.4.1 Aufgaben 155
15.3.4.4.2 Funktionale Anforderungen 155
15.3.4.4.3 Ausgaben / Exporte 160
15.3.5 Dokumentation 162
15.3.6 Mandantenfähige Hintergrundsysteme 162
15.3.6.1 Aufgabenstellung 162
15.3.6.1.1 Zielsetzung 162
15.3.6.1.2 Aufbau- und Ablauforganisation 163
15.3.6.1.3 Funktionen 165
15.3.6.1.4 Anwendungsfelder 165
15.4 Datenintegration 166
15.4.1 VDV–Standards 166
15.4.2 Fahrplan- und Liniendaten (VDV 452) 168
15.4.3 Datenkommunikation im Fahrzeug (Datenerzeugung, Speicherung, Prüfung –VDV 457-1) 168
15.4.4 Datenübertragung AFZ-Bordrechner zur stationären Zentrale/Funkstation (VDV 457-2) 169
15.4.5 Schnittstellen im Hintergrundsystem (VDV 457-3) 170
15.4.6 Schnittstelle Ist-Einsatzdaten (VDV 457-4) 171
15.4.7 Schnittstelle Fahrzeugverfügbarkeit (VDV 457-5) 171
15.4.8 Weitere mögliche Schnittstellen 171
15.4.9 Datenorganisation und -verwaltung 171
15.4.10 Altdatenübernahme 172
15.4.11 Formate 172
15.4.12 Besonderheiten Datenfunk 172
15.5 Anhang 1: Änderungsauswirkungsanalyse 173
15.5.1 Allgemeines 173
15.5.1.1 Reglungsgegenstand 173

15.5.1.2 Zu bewertendes System 173
15.5.1.3 Änderung der Software-Sicherheitsanforderungsstufe 173
15.5.1.4 Vorgehen zur Bewertung der Auswirkungen 173
15.5.2 Projektdaten 174
15.5.2.1 Softwareversionen der involvierten Geräte 174
15.5.2.2 Relevante Dokumente 174
15.5.3 Durchgeführte Änderungen 174
15.5.3.1 Anpassung des AFZ-Systems im Bereich der „[KOMPONENTE 1]“ 174
15.5.4 Bewertung der Auswirkungen 175
15.5.4.1 Einordnung in die Softwarestruktur 175
15.5.4.2 Tests 175
15.5.4.3 Fazit 176

16 Anlage 5: Schnittstellenspezifikation 177
16.1 Schnittstelle zwischen Bordrechner und Sensoren/Türeinheit, VDV 457-1 177
16.2 Rohdaten Schnittstelle - VDV 457-2 180
16.2.1 Beschreibung der Basisversion (2018) der Rohdaten-Schnittstelle zum Zweck der Nachfrageermittlung / Einnahmeaufteilung 180
16.2.2 Beschreibung Erweiterung der Rohdaten-Schnittstellen 457-2 um Informationen zum Besetztgrad (V3.0 2022) 184
16.2.2.1.1 Zielsetzung der Erweiterung 184
16.2.2.1.2 Beschreibung der Erweiterung 185
16.2.2.1.3 Beispiel Zugkompositionen 189
16.2.2.1.4 Verhältnis zu VDV-Schrift 454 191
16.3 Zähldatenschnittstelle VDV 457-3 192
16.4 Ist-Fahrzeugeinsatzdaten VDV 457-4 201
16.5 Schnittstelle Fahrzeugverfügbarkeitsdaten VDV 457-5 202

17 Anlage 6: Regelkatalog Prüfung und Testierung Messgenauigkeit Fahrräder 203
17.1 Regelungsgegenstand 203
17.2 Rahmenbedingungen für die Ermittlung der Fahrradnachfrage 203
17.2.1 Definition Messkategorie Fahrräder 203
17.2.2 Annahmen für die Ermittlung der Fahrradnachfrage 203
17.3 Vorgaben zur Prüfung der Messgenauigkeit 204
17.3.1 Nachweisebenen 204
17.3.2 Ermittlung Messfehler 205
17.3.2.1 Prüfung der Fahrradein- und Fahrradausstiege über alle Fahrten (Schranke a) 205
17.3.2.2 Prüfung der statistischen Unverzerrtheit (Schranke b) auf Ebene der Fahrzeugrohdaten 205

17.3.2.3	Prüfung der globalen Unverzerrtheit (Schranke a) auf Ebene nach Verarbeitung im Hintergrundsystem	206	
17.4	Testierung der Messgenauigkeit	207	
17.4.1	Allgemeine Vorgaben	207	
17.4.2	Manuelle Vergleichszählungen	207	
17.4.2.1	Stichprobenumfang für manuelle Vergleichszählungen	208	
17.4.3	Vorgaben für die Durchführung der manuellen Vergleichszählungen	211	
17.4.3.1	Allgemeine Anforderungen	211	
17.4.3.1.1	Anforderungen an die Einteilung der Zähler	211	
17.4.3.1.2	Anforderungen an die manuell zu erfassenden Zähldaten	211	
18	**Anlage 7: Regelkatalog Prüfung und Testierung Messgenauigkeit Echtzeitbesetzungen**		**213**
18.1	Definition des Anwendungs- und Untersuchungsfeldes	213	
18.2	Prüfkriterien zur Messgenauigkeit	214	
18.3	Stichprobenplanung	215	
18.4	Weitere Randbedingungen	215	
18.4.1	Technische Hinweise	215	
18.4.2	Mehrfache Besetzungszählungen auf einem Fahrtabschnitt	217	
18.4.3	Echtzeit-Besetzung versus Besetztgrad	217	
18.5	Durchführung von Vergleichszählungen	218	
18.6	Berechnung der Prüfkriterien und der Stichprobe	219	
18.6.1	Mittlerer Abstand als vorzeichenloser mittlerer absoluter Fehler (MAE)	219	
18.6.2	Mittlere Verzerrung als vorzeichenbehafteter mittlerer Fehler (ME)	220	
18.6.3	Anwendung des Äquivalenztests	222	
18.6.4	Ausreißerkontrolle	224	
18.6.5	Berechnung der Stichprobe	225	
19	**Anlage 8: Videobasierte Vergleichszählungen**		**228**
19.1	Einleitung	228	
19.2	Beschreibung der Zertifizierung / zeitliche Abfolge	228	
19.2.1	Übersicht Etappen der Zertifizierung	228	
19.2.2	Prozessbeschreibung	229	
19.3	Anforderungen an die videobasierte Vergleichszählung	230	
19.4	Übersicht notwendige HTE-Informationen	230	
19.5	HTE-Informationen, die für die VVZ benötigt werden	231	
19.6	Testlauf / Testdaten	233	
19.6.1	Verknüpfung Video/ Bild-Daten und HST-Band	233	
19.6.2	Verknüpfung AFZS-Daten mit manuellen Zähldaten	233	
19.7	Forderung Dateiformat Datenlieferung	233	
19.7.1	Haltestellenbänder	233	
19.7.2	Video/ Bild-Daten	233	

19.7.3 AFZS-Daten 234
19.8 Checkliste für die Testierung 235
19.8.1 Checkliste für das Verkehrsunternehmen 235
19.8.2 Checkliste für das FB der Auszählung (nur zur Information) 235
19.8.3 Checkliste für den Gutachter (nur zur Information) 235
19.9 Hinweise zu Datenformaten 236
19.10 Anhang 238

Bildverzeichnis 239
Impressum 240

Abkürzungen

AFZ	Automatische Fahrgastzählung
AFZBsG	Siehe AFZ-Bordrechner
AFZS	Automatisches Fahrgastzählsystem
AFZ-Bordrechner	Rechner für die funktional eigenständige Erfassung, Aufzeichnung und Aufbereitung von türfeinen Rohdaten Die Fahrzeugausrüstung besteht aus einer zentralen Fahrzeuggrundkomponente, dem AFZ-Bordrechner und einer oder mehreren Komponenten zur Erfassung der Fahrgäste (Sensoren). Gebräuchlich sind auch die Begriffe Fahrzeuggrundkomponente, Auswertungsrechner im Fahrzeug, Zentralgerät, zentrale Bordeinheit oder AFZ-Bordsteuergerät (AFZBsG). Die Funktion des AFZ-Bordrechners kann auch gemeinsam mit anderen Funktionen (z. B. Fahrscheindrucker) in einem Gerät vereint sein.
AFZ-HGS	AFZ-Hintergrundsystem
Aufbereitung	Vorbereitung der Messdaten für die Auswertung, in Abhängigkeit von Parametern wie, z. B. maximale Anzahl der ausgelassenen Haltestellen zwischen Anfangs- und Endhaltestelle einer Fahrt
Bordrechner	Rechner im Fahrzeug mit unterschiedlicher Funktionsausstattung, z. B. für RBL/ITCS, Fahrscheindrucker, AFZS, siehe auch: AFZ-Bordrechner
Erfassungssystem	Technische Systeme zur Erfassung von Fahrgastströmen in Fahrzeugen (heute überwiegend aktive bzw. passive Sensoren, ansonsten optische oder weitere Systeme in Abhängigkeit vom Stand der Technik)
ITCS	Intermodal Transport Control System (früher: RBL)
Istdaten	Durch AFZS gemessene Werte im Unterschied zu Solldaten
Messdaten	Aufgezeichnete bereinigte Istdaten einer Messfahrt, die an das Hintergrundsystem übergeben werden
Messfahrt	Als Messfahrt wird die Fahrt eines Fahrzeuges definiert, während der bestimmte Ereignisse registriert werden
RBL	Rechnergesteuertes Betriebsleitsystem Der neue Begriff für RBL heißt: Intermodal Transport Control System (ITCS)

AFZ	Automatische Fahrgastzählung
Rohdaten	Im Fahrzeug aufgezeichnete unbereinigte Zähldaten
Rohdatenblock	Datenblock, der bei jedem Halt im Fahrzeug aufgezeichnet wird
Roh-Zähldaten	siehe Rohdaten
Sensor	Siehe Erfassungssysteme
Stammdaten, Solldaten	Stammdaten (auch: Solldaten) werden aus den Planungssystemen der Verkehrsunternehmen übernommen und als Strecken- und Fahrplandaten im AFZS-HGS hinterlegt
Tagesart	Als Tagesart bezeichnet man verkehrsbetriebsspezifische Definitionen (z. B. Schul- und Ferienzeiten), die die Fahrten des Fahrplans nach Tagen beziehungsweise Gruppen von Tagen kategorisieren. Ein Betriebstag hat genau eine Tagesart
Tagesartgruppe	Die Tagesartgruppe stellt eine Zusammenfassung von Tagesarten gemäß ihres Tagestyps in die Gruppen Montag-Freitag, Samstag sowie Sonn- und Feiertag dar. Hier soll auch eine weitere freie Definition nach weiteren Kombinationen möglich sein
Tagestypen	Als Tagestypen werden die Wochentage Montag, Dienstag, Mittwoch, Donnerstag, Freitag, Samstag, Sonn- und Feiertag bezeichnet.
Transformation	Validierung von Messdaten und Zuordnung zu Solldaten (-fahrten)
Transformationsquote	Quote der erfolgreichen Zuordnung von Messdaten zu Solldaten (-fahrten) in %
Zähldaten	Originäre Daten aus den Türsensoren bzw. jeweiligen Erfassungssystemen
ZBE	Zentrale Bordelektronik
Zwischenhalt	Ein Zwischenhalt ist ein nicht in den Solldaten gepflegter Halt mit Fahrgastwechsel auf der Strecke zwischen zwei Haltepunkten. Zwischenhalte sind somit im Grunde nur für Busse möglich

1 Einsatzfelder und funktionale Anforderungen

Der Einsatz von AFZS in Verkehrsunternehmen und Verkehrsverbünden bekommt eine zunehmend stärkere Bedeutung. Das ergibt sich zum einen aus der Tatsache, dass die Finanzierung von Verkehrsstromerhebungen (im klassischen Sinne mit manueller Zählung und Befragung) nach statistisch notwendigen Stichprobenumfängen (u. a. auch zur Einnahmeaufteilung) problematischer wird und zum anderen daraus, dass die Ergebnisse solcher Verkehrsstromerhebungen, z. B. über Merkmale der Verkehrsmengen/Verkehrsleistungen in kürzeren Intervallen (2 - 5 Jahre) fortgeschrieben werden müssen.

Dabei sind verschiedene Ansätze für den Einsatz von AFZS möglich, die sich z. B. unterscheiden hinsichtlich

— des Umfanges der auszurüstenden Zählfahrzeuge,

— des Einsatzes der Zählfahrzeuge bzw. der Verarbeitung der Zähldaten,

— der Ziele der Erhebung.

Innerhalb der Erhebung zur systematischen linien- und/oder netzweisen Datenermittlung für die Verkehrs-, Kapazitäts- und Betriebsplanung, für Linienerfolgsrechnungen und für Abrechnungszwecke kommt der Anwendung von AFZS-Daten für die Einnahmeaufteilung (mit dazu adäquaten Verfahren auf Basis von Zählmerkmalen) eine besondere Bedeutung zu.

In Verkehrsverbünden besteht weiterhin die Aufgabe, teilweise vorhandene Insellösungen für AFZS zu berücksichtigen und sicher zu stellen, dass statistisch gleichwertige Datengrundlagen zur Verkehrsnachfrage in einer verbundeinheitlichen Datenstruktur vorliegen. Das betrifft AFZS-Daten und weitere, aus anderen Systemen generierte Daten (u. a. aus dem Reisendenerfassungssystem der DB AG (RES) und/oder aus manuellen Erhebungen).

Hinsichtlich des Umganges mit diesen Daten wird auf die VDV-Schrift 951 „Gewinnung und Verknüpfung von Nachfragedaten im ÖPNV“ verwiesen.

Damit ergeben sich die in **Abbildung 1** dargestellten Aspekte für den Einsatz von AFZS in Verkehrsverbünden bzw. Verkehrsunternehmen.

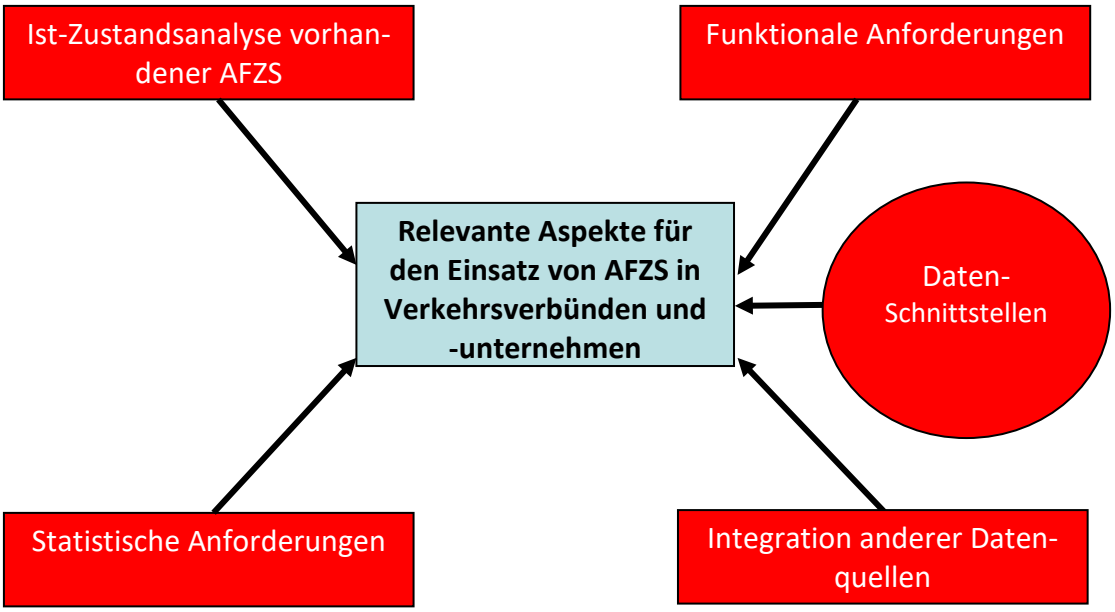


Abbildung 1: Aspekte zum Einsatz von AFZS

Die Entscheidung zur Anwendung von AFZS im ÖPNV wird im Wesentlichen bestimmt von durch bzw. mit AFZS gewinnbaren Ergebnissen, ihrer Genauigkeit sowie von den investiven und laufenden Kosten für die Implementierung und den Betrieb solcher Systeme im Vergleich oder in Kombination mit konventionellen manuellen Erhebungsverfahren. Auf die Fragen zu den aus AFZS gewinnbaren Daten und ihrer statistischen Qualität wird im weiteren Verlauf der Darstellungen vertiefend eingegangen.

Betrachtungen zu Kosten- und Nutzen-Aspekten sind nicht Gegenstand dieser Schrift.

Wichtig ist darauf zu verweisen, dass Zähldaten aus AFZS nicht Ergebnisaussagen aus Verkehrsstromerhebungen mit Zählung und Befragung ersetzen können. Das bezieht sich insbesondere auf Merkmale wie Wege-Ketten, Quelle-Ziel-Beziehungen, Anteilswerte nach Tarifarten und Nutzungshäufigkeiten, deren Träger der Fahrgast ist und die nur durch eine Befragung zu erfassen sind. Für den komplementären Zusammenhang beider Erhebungsformen – speziell mit Blick auf die Anwendung für die Einnahmeaufteilung in Verbünden – wird auf die VDV-Schrift 951 verwiesen.

Unter Bezug auf diese hier dargestellte Methodik kann gesichert werden, dass

— Daten aus Verkehrsstromerhebungen mit qualitativen Ausprägungen (z. B. Anteilswerte) über Proportionalitätsfaktoren mit Zähldaten aus AFZS fortgeschrieben und

— Daten für qualitative Merkmale (z. B. Anteilswerte), die nicht aus AFZS gewonnen werden können, auf aus AFZS ermittelte Daten zu Verkehrsmengen bzw. Verkehrsleistungen transformiert

werden können.

Weiterhin muss gesichert werden, dass manuell gezählte Daten wie

— Kurse oder Linienvarianten, die von anderen Auftragnehmern befahren werden (die nicht mit AFZS ausgestattet oder deren Systeme nicht passfähig/zugelassen sind)

— Ruftaxi, Haustürservice, die sich ebenfalls technisch wegen der Problematik der fahrplanmäßigen Zuordnung eher nicht zählen lassen

im AFZS–Hintergrundsystem eingegeben und nach der einheitlichen mathematisch-statistisch gesicherten Methodik geprüft, verarbeitet und hochgerechnet werden können. Hierzu wird auf die Anforderungen in Anlage 4 Rahmenlastenheft AFZS-Hintergrundsysteme verwiesen.

Insgesamt ist zu berücksichtigen, dass mit den im Rahmen der VDV-Kernapplikation definierten Systemkonzepten (Ausbauvariante 3b) langfristig Verfahren zur Erfassung von Fahrgastströmen zur Verfügung stehen werden, die Fahrgastzählungen in diesem Sinne nicht mehr notwendig machen.

Hieraus ergibt sich nach dem aktuellen Stand der Technik und den Zeitschienen keine kritische Überschneidung beider Systeme. Für weitere Aussagen wird auf die im Auftrag des BMVBS erarbeitete „Machbarkeitsuntersuchung für In-Out-Systeme auf Basis der VDV-Kernapplikation (MIOS)“ verwiesen.

Aus statistischer Sicht ist zu beachten, dass die aus AFZS-Systemen im Rahmen einer Stichprobe generierten Ergebnisse

— erwartungsgetreue Schätzwerte sind, die mit einer jeweils definierten Genauigkeit (bestimmt durch den relativen Stichprobenfehler) und Wahrscheinlichkeit (bestimmt durch die statistische Sicherheit) in der Grundgesamtheit auftreten

und

— zufällige Messfehler

beinhalten. Für weitere Aussagen wird auf 2.2 verwiesen.

Als Ergebnisse in jeweils definierten raumzeitlichen Einheiten stehen zur Verfügung

— Verkehrsmenge in Personen, gemessen in Linienbeförderungsfällen (LBF) und

— daraus berechnet die Fahrzeugbesetzung sowie

— unter Hinzuziehung einer Entfernungsmatrix die Verkehrsleistung in Personenkilometer (Pkm).

Daraus können

— unmittelbar die mittlere Beförderungsweite je LBF nach einzelnen Linien und aggregiert sowie

— mittelbar, d. h. unter Einbeziehung des durch eine Befragung zu ermittelnden Umsteigefaktors, die mittlere Beförderungsweite je Unternehmensbeförderungsfall (UBF)

abgeleitet werden.

Darüber hinaus können auch Hochrechnungsergebnisse zur Verkehrsmenge bzw. zur Verkehrsleistung für räumlich begrenzte Einheiten (Tarifzonen, Gebietskörperschaften usw.) generiert werden. Diese sind sowohl im Erhebungsstatus als auch hochgerechnet von Bedeutung.

Deshalb muss das vollständige AFZS-Erhebungssystem nach Durchlaufen aller Prozessschritte gewährleisten, dass die erforderliche statistische Qualität sowohl für die Grundgesamtheit als auch für die einzelnen Merkmale und Verkehrsunternehmen mit Gewissheit erzielt wird. Dies gilt auch für die erforderlichen Hochrechnungen.

Daraus ist sicherzustellen, dass die Daten aus AFZS als erwartungstreue Schätzwerte vor allem verwendet werden können für

— Kapazitäts- und Verkehrsplanung für Verkehrsunternehmen und Aufgabenträger (mit allen hieraus zu berücksichtigenden Anforderungen zur Verwendung der Daten hinsichtlich Vertraulichkeitsschutz und Wettbewerb)

— Aufteilungsparameter der Einnahmeaufteilung einschließlich Fortschreibung sowie für nachfragebezogene Schlüssel zur Kostenaufteilung

— Fortschreibung von Verkehrsstromerhebungen über Proportionalitätsfaktoren

— Linienerfolgsrechnung/Verkehrsleistungsfinanzierungsverträge und

— die schichtgebundene Zusammenführung von manuell erhobenen Befragungsdaten in Verkehrsstromerhebungen.

Es ist darauf zu verweisen, dass sich beim Einsatz von AFZS um komplexe technische und organisatorische Prozesse und Abläufe handelt, die permanent zu kontrollieren und zu steuern sind.

Mit der Anlage 1 soll hier mit einer Check-Liste Qualitätsmanagement dargestellt werden, welche Prozesse zur Qualitätssicherung im laufenden Betrieb zu realisieren und bei der Entscheidungsvorbereitung zu berücksichtigen sind.

2 Statistische Anforderungen an AFZS

2.1 Übersicht

Die generelle Übersicht der statistischen Anforderungen an AFZS zeigt

Abbildung 2.

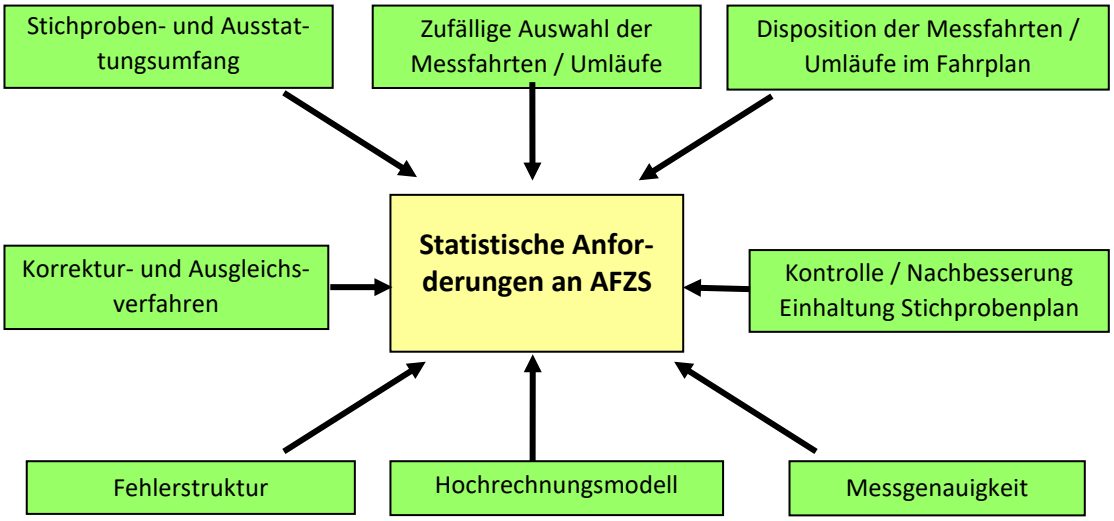


Abbildung 2: Übersicht der statistischen Anforderungen

2.2 Statistische Qualität von AFZS-Daten

AFZS besitzen im Grunde drei potenzielle Fehlerquellen. Es können Fehler

— im technischen Bereich des Systems, z. B. durch Ausfall von Erfassungselementen, Schnittstellen bzw. des Gesamtsystems (***Technische Ausfall- bzw. Verfügbarkeitsrate)***

— im Zählvorgang selbst, indem z. B. Fahrgäste nicht oder unzulässig (Sonderfälle gemäß Regelkatalog) erfasst werden ***(Erfassungs- bzw. Messfehler)*** und

— bei Stichprobenplanung und -durchführung, indem beispielsweise die fehlerbestimmenden Parameter falsch oder gar nicht festgelegt werden oder indem gegen die Regeln einer Zufallsauswahl verstoßen wird ***(Stichprobenfehler)***

entstehen.

Es ist unter Beachtung dieser potenziellen Fehlerquellen sicherzustellen, dass die AFZS im Kontext mit einem entsprechenden Hintergrundsystem so zu ertüchtigen sind, dass die technisch bedingte Ausfallrate dauerhaft auf einem so niedrigen Niveau zu halten ist, dass von ihr keine negativen Wirkungen auf die erforderliche Datenqualität ausgeht.

Damit ist bei jeder Bewertung der aus statistischer Sicht relevanten Fehler bei Verkehrszählungen im ÖPNV immer zu berücksichtigen, dass in einem AFZS als quantitativ bestimmbare Fehler der Stichprobenfehler zur statistischen Maßzahl Mittelwert d_r und ein Messfehler d_m bestehen.

Durch die Art der (multiplikativen) Verknüpfung der Größen relativer Stichprobenfehler und Messfehler ergibt sich eine quadratische Addition zu einem kompensatorischen Gesamtfehler d_G. Im Falle von hier anzunehmenden unabhängigen Größen ergibt sich aus dem Gaußschen Fehlerfortpflanzungsgesetz eine quadratische Addition mit kompensatorischem Effekt.

$$d_G = \sqrt{d_r^2 + d_m^2}$$

d_G: Kompensatorischer Gesamtfehler

d_r Stichprobenfehler

d_m Messfehler

Das bedeutet, dass sich z. B. ein relativer Stichprobenfehler in Höhe von 3 % bzw. 0,03 und ein vorhandener zufälliger Messfehler von 2 % bzw. 0,02 zu einem kompensatorischen Gesamtfehler von 3,6 % bzw. 0,036 addieren.

Dieser Gesamtfehler darf maximal in der Nähe der aus manuellen Erhebungen akzeptierten und üblichen Größen (d. h. 5 %) liegen. Der Zusammenhang ergibt sich aus Abbildung 3.

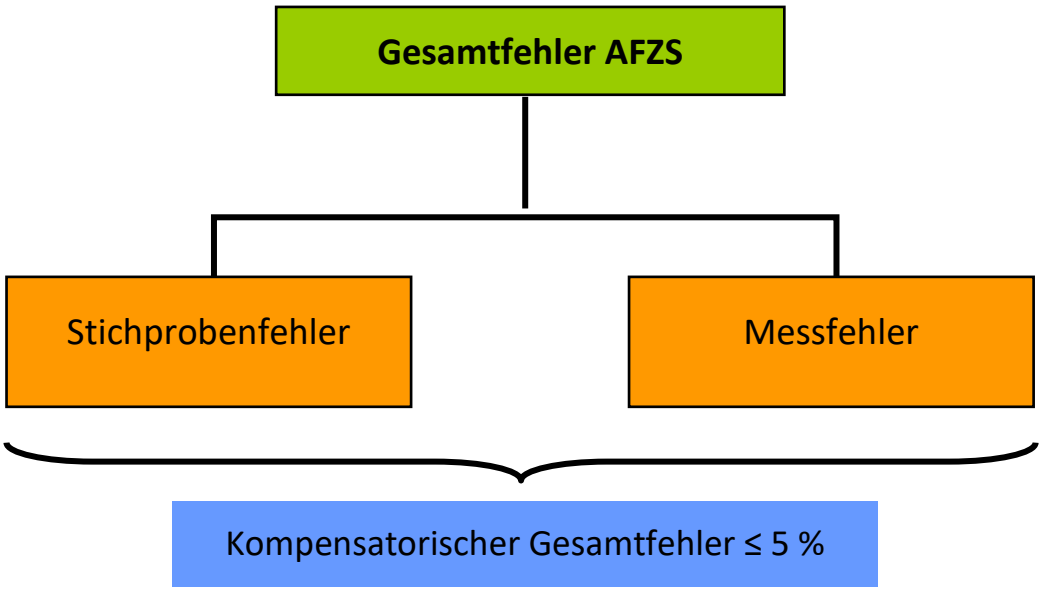


Abbildung 3: Fehlerstruktur

Es ist herauszustellen, dass unabhängig von der Größe des Stichprobenfehlers - der vom proportionalen Ausstattungsgrad der AFZS bezogen auf die Anzahl der Fahrzeuge und der damit möglichen Anzahl von Messfahrten im Verhältnis zur Grundgesamtheit bestimmt wird und im Falle einer Vollausstattung sehr gering ausfällt - damit keine Auflassung der Vorgaben zum Messfehler gemäß Regelkatalog gegenüber dem Systemanbieter verbunden ist.

Bei Anwendung von AFZS ist davon auszugehen, dass die statistische Maßzahl „Mittlere Zahl der Fahrgäste je Fahrt/Haltestelle“ als erwartungstreuer Schätzwert jeweils einen Fehleranteil aus der Messgenauigkeit (zufälliger Messfehler) und aus der Stichprobe (relativer Stichprobenfehler zur statistischen Maßzahl Mittelwert) enthält.

Durch eine sachgerechte Stichprobenplanung und den Ausgleich bzw. Reduzierung des türtypbezogenen zufälligen Messfehlers an den Sensoren bzw. durch geeignete Ausgleichsverfahren (siehe dazu auch 8.1 Saldenausgleich) und regelmäßige Kontrollen im AFZS-Gesamtsystem über alle Prozessschritte ist darauf aktiv einzuwirken, den Gesamtfehler zu kontrollieren und in Grenzen zu halten. Hierzu wird auf Anlage 1 „Checkliste Qualitätsmanagement laufender Betrieb AFZS“ verwiesen.

Die Prüfung des Erfolgs dieser Maßnahmen kann erfolgen durch:

— periodische bzw. ereignisbezogene Vergleichszählungen zur Messgenauigkeit je nach betrieblich individueller Notwendigkeit aufgrund technischer, firmware oder organisatorischer Änderungen, z. B. Neujustage der Sensoren, Verwendung neuer Ausgleichsverfahren

— periodische Rezertifizierung der Messgenauigkeit über spezifische mathematisch-statistische Verfahren im AFZS-Hintergrundsystem zu Form und Strenge des Zusammenhanges von Referenzfunktionen der automatisch gezählten Ein- und Aussteiger

— Berechnung und laufende Verifizierung des statistisch notwendigen Stichprobenumfangs auf Basis der definierten Qualitätsparameter und der tatsächlichen relativen Streuung zum Mittelwert der Einsteiger der jeweiligen betrachteten Bezugsgesamtheit.

Von AFZS wird die Generierung erwartungstreuer Schätzwerte mit unteren und oberen Vertrauensgrenzen für statistische Maßzahlen der Merkmale P und Pkm erwartet. Als statistische Qualitätsparameter sollen mindest verwendet werden:

— statistische Sicherheit ≥ 95 %, also
$S \geq 0{,}95$ (bzw. 95 %)

— relativer Fehler der zu schätzenden Stichprobenmaßzahl Mittelwert ≤ 5 %, also
$d_r \leq 0{,}05$ (bzw. 5 %)

— relative Streuung als Verhältnis der Streuung zum Mittelwert
$V = 1{,}0$ (bzw. 100 %).

Hier ist die **relative Streuung** unter Bezug auf die Standardabweichung/Mittelwert P (Einsteiger) aus einer Zählung zu verwenden. Dieser Wert ist entweder a priori durch eine hinsichtlich Größe und Schichtung nachzuweisende Pilotstichprobe statistisch gesichert zu berechnen, aus gegebenenfalls vorhandenen statistischen Untersuchungen zu übernehmen oder abzuschätzen. Liegen keine quantifizierten Aussagen vor, hat sich aus durchgeführten Vergleichszählungen ein Wert von V = 100 % bzw.1,0 als belastbar bewiesen. Eine Verifizierung nach Abschluss der Zählung wird dringend empfohlen. Für die Verifizierung des notwendigen Stichprobenumfanges und des daraus resultierenden Ausstattungsumfanges der Fahrzeuge mit AFZS muss ebenfalls auf eine auf der entsprechenden mathematisch-statistischen Grundlage berechnete Größe der relativen Streuung abgestellt werden. Insofern wird gefordert, dass die relative Streuung neben anderen

statistischen Kenngrößen (relativer Stichprobenfehler) aus dem AFZS zu ermitteln und dann für die permanente Planung zum AFZS innerhalb der Zählfahrtenplanung zu verwenden ist.

3 Elemente der Messfahrtenplanung

3.1 Messfahrtenplanung aufgrund geplanter Disposition

Zuordnungskriterien

Die hier nachfolgend dargestellte Methodik der Messfahrtenplanung aufgrund möglicher Disposition stellt insbesondere auf den Einsatz von Bussen, Straßenbahnen, Stadtbahnen und U-Bahnen im ÖPNV ab.

Kriterien für eine diesbezügliche Zuordnung sind u. a., dass

— in Zugverbänden alle Fahrzeuge mit Zählsystemen ausgerüstet sind,

— die Position eines Zählfahrzeuges im Zugverband bekannt ist,

— Dispositionen von Zählfahrzeugen auf einen bestimmten Umlauf möglich sind,

— die Zahl der Fahrzeugeinheiten in einem Zugverband relativ konstant ist.

Treffen diese Bedingungen auch für andere Verkehrsarten zu, kann eine Anwendung auch hier erfolgen.

Messfahrtenplanung

Die Struktur der Messfahrtenplanung im Falle einer geplanten Disposition umfasst unter diesen Bedingungen in der Regel vier aufeinander folgende Elemente gemäß **Abbildung** 4**.**

Für Lösungen in Verkehrsverbünden ist die Berücksichtigung eines übergeordneten Kontroll-Tools zur Vorgabe der statistischen Rahmenbedingungen sowie Kontrollmöglichkeit der Umsetzung der Vorgaben zum Zwecke der Einheitlichkeit und des gegenseitigen Vertrauensschutzes sinnvoll.

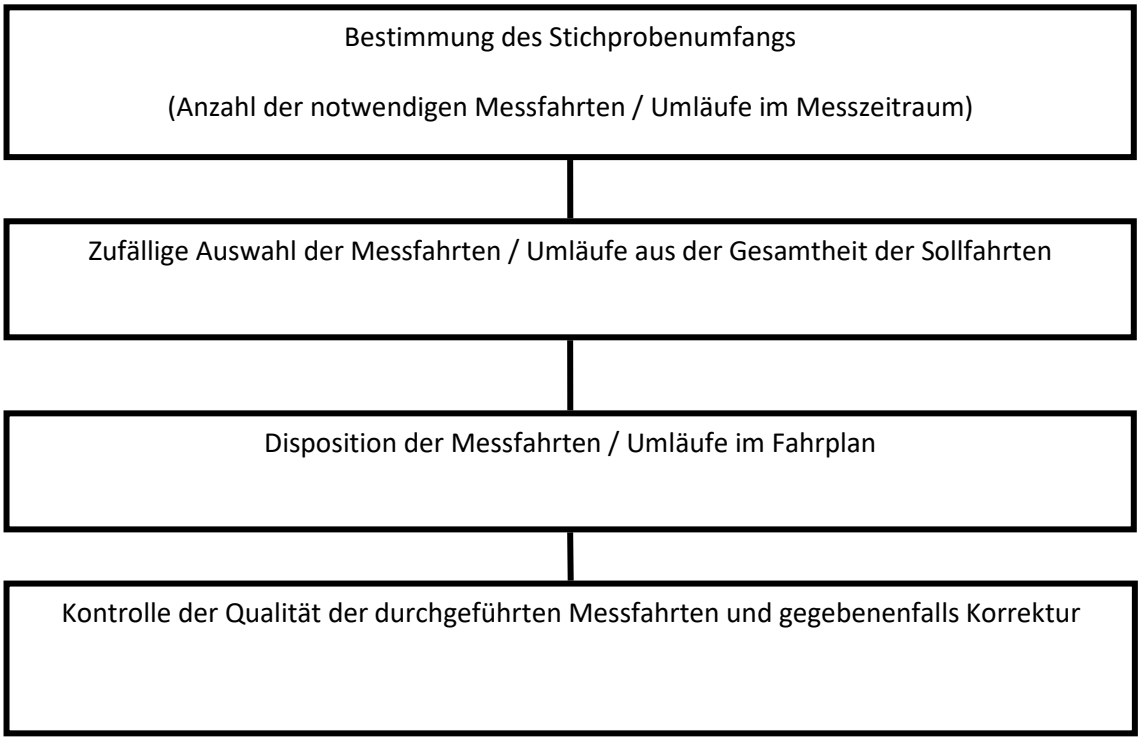


Abbildung 4: Struktur der Messfahrtenplanung

Diese 4 Elemente der Messfahrtenplanung können nach zwei Blöcken zusammengefasst werden. Damit ergibt sich folgender Ablauf:

Block I: Statistische Komponente

Element 1: Ermittlung des Stichprobenumfanges, also der Anzahl der erforderlichen Messfahrten/Umläufe entsprechend vorgegebener Qualitätsparameter (statistische Sicherheit, relativer Stichprobenfehler)

Element 2: Auswahl bzw. Ziehung der Messfahrten/Umläufe aus der Gesamtheit aller Sollfahrten

Block II: Verkehrsbetriebliche Umsetzung

Element 3: Disposition der Messfahrten/Umläufe im Fahrplan

Element 4: Kontrolle der Qualität der durchgeführten Messfahrten und gegebenenfalls Korrektur. (Hier ist ausschließlich die statistische begründete Korrektur,

unterschieden von auszuschließenden Manipulationen der Stichprobe nach Anzahl der Messfahrten und Schichtungsmerkmalen, gemeint.)

Generell gilt, dass die Auswahl der Messfahrten/Umläufe aus der Grundgesamtheit, also aus der Gesamtheit der Sollfahrten/Umläufe im Erhebungszeitraum nach dem Zufallsprinzip erfolgen muss. Demnach muss jeder gezielte oder bewusste Einfluss auf den Auswahlvorgang ausgeschlossen sein. Das kann nach dem Prinzip der reinen Zufallsauswahl oder durch eine modifizierte Zufallsauswahl erfolgen. Letztere kann z. B. als systematische bzw. periodische Auswahl oder als Klumpenauswahl erfolgen. Diese Übersicht zeigt **Abbildung 5.**

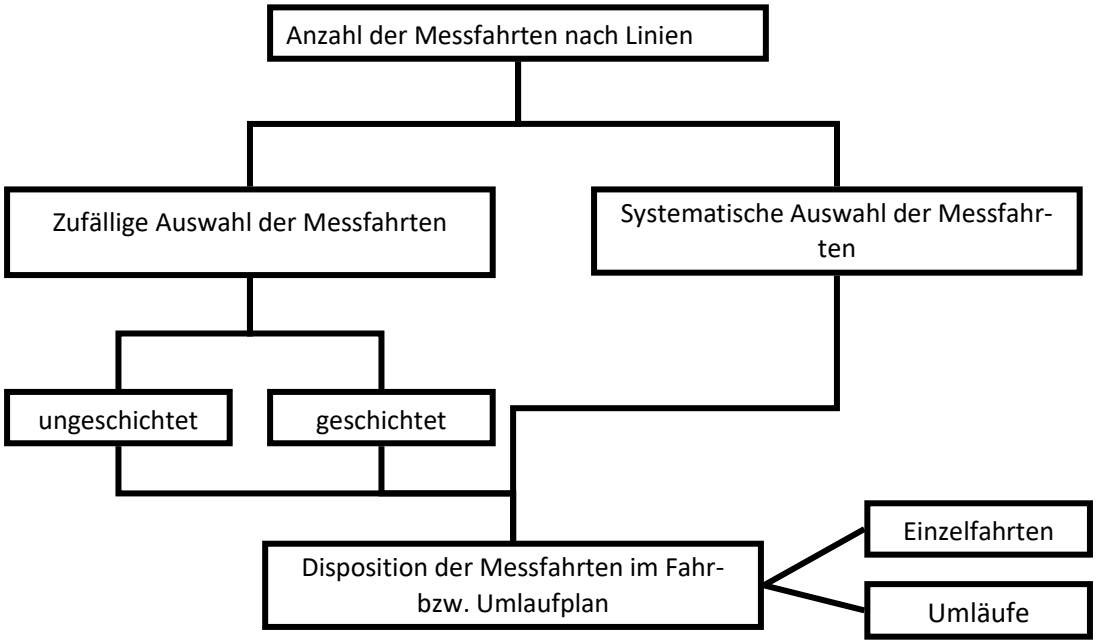


Abbildung 5: Zufällige Auswahl der Messfahrten

Des Weiteren ist sicherzustellen, dass jede Fahrt mit einer gleichen Auswahlwahrscheinlichkeit in die Stichprobe aufgenommen werden muss. Ein ggf. betrieblich notwendiger unterschiedlicher Ausstattungsgrad von Fahrzeugtypen muss hier berücksichtigt werden.

Es ist nach den vorliegenden Erfahrungen zu erwarten, dass auf Grundlage der existierenden betrieblich-technischen bzw. technologischen Restriktionen die Bedingungen der reinen Zufallsauswahl - insgesamt wie auch für die Schichten - nicht durchgängig erfüllt werden können.

Mit den Ausschreibungen sind durch die Verkehrsunternehmen geeignete Vorgaben für Tagesart- und Zeitschichten vorzugeben, welche den jeweils spezifischen Bedingungen des Verkehrsunternehmens entsprechen.

Unabhängig von der Art des Auswahlverfahrens ist mittels demgemäßer Algorithmen in der Messfahrtenplanung durch zufällige Auswahl eine Stichprobe zu erzeugen, die mengen- und zeitproportional zur Grundgesamtheit (d. h. aller Fahrten in der Zählperiode) geschichtet ist. Es gilt dabei der Grundsatz, dass für die Stichprobe die Schichten zueinander inhomogen und in sich homogen gebildet werden. Möglichkeiten einer nachträglichen (dynamischen) Schichtung zur Reduzierung von Schichtstreuungen sind in Anlage 4 Rahmenlastenheft dargestellt.

Regelungen zum Umgang mit bzw. zur Verwendung von Fahrten, die unvorhergesehen mit einem Zählfahrzeug außerhalb der eigentlichen Messfahrtenplanung gefahren werden, sind in den jeweiligen Lastenheften unternehmensspezifisch zu treffen.

3.2 Messfahrtenplanung aufgrund zufälliger Disposition

Zuordnungskriterien

Die hier nachfolgend dargestellte Methodik der Messfahrtenplanung stellt insbesondere auf den SPNV ab.

Diese Besonderheiten sind u. a., dass

— ausgerüstete Fahrzeuge in Zugverbänden verkehren, in denen nicht alle Fahrzeuge mit Zählsystemen ausgerüstet sein können

— die Position eines Zählfahrzeuges im Zugverband nicht immer bekannt ist

— die Disposition von Zählfahrzeugen auf eine bestimmte Zugfahrt oder einen Umlauf nur bedingt oder nicht möglich ist

— die Zahl der Fahrzeugeinheiten in einem Zugverband vom vorgegebenen Soll abweichen kann

— unterschiedliche Fahrzeugtypen mit unterschiedlichen Behängungen eingesetzt werden können

— Stärken und Schwächen sowie Flügeln von Zugeinheiten während des regulären Laufweges auftreten können.

Treffen diese Bedingungen auch für andere Verkehrsarten zu, kann eine Anwendung auch hier erfolgen.

Messfahrtenplanung

Bei zufälliger Disposition der ausgerüsteten Fahrzeuge auf Umläufe wird kein expliziter Messfahrtenplan vorgegeben, sondern die Fahrzeuge werden ohne Beachtung von Nebenbedingungen der AFZS (damit hinsichtlich der AFZS zufällig) auf Umläufe disponiert und die resultierenden Zähldaten als Realisierung einer Zufallsstichprobe ausgewertet.

Da damit nicht a priori die Einhaltung von Stichprobenvorgaben gesichert wird, kommt einer geeigneten Planung des Ausrüstungsgrades und einer regelmäßigen Überwachung des Rücklaufs von Erhebungsdaten große Bedeutung zu. Die Berechnung der Anzahl notwendiger Messfahrten, d. h. die Bestimmung des minimalen Stichprobenumfangs, orientiert sich dabei an den Anforderungen zur statistischen Genauigkeit sowie der gewünschten Schichtungsstruktur und unterscheidet sich damit nicht von den Empfehlungen gemäß 3.1.

Bei zufälliger Disposition kann der minimale Stichprobenumfang nicht gezielt in einen Messfahrtenplan umgesetzt werden. Dies bedeutet, dass die minimal nötige Anzahl an Messfahrtenumläufen (statistische Anforderung) durch einen geeigneten – im Normalfall höheren - Ausrüstungsgrad erfüllt werden muss. In der Regel hat dies eine Verbesserung der Erhebungsqualität durch die zusätzlichen Erhebungen für einen großen Anteil der Zugfahrten zur Folge.

Unter Berücksichtigung vorgenannter Bedingungen ergibt sich folgende Struktur der Messfahrtenplanung. Dabei sind die in **Abbildung 6** grau gekennzeichneten Elemente im Vergleich zu

Abschnitt 3.1 den beschriebenen Situationen angepasst, während die gelb gekennzeichneten als neue Elemente ergänzt wurden.

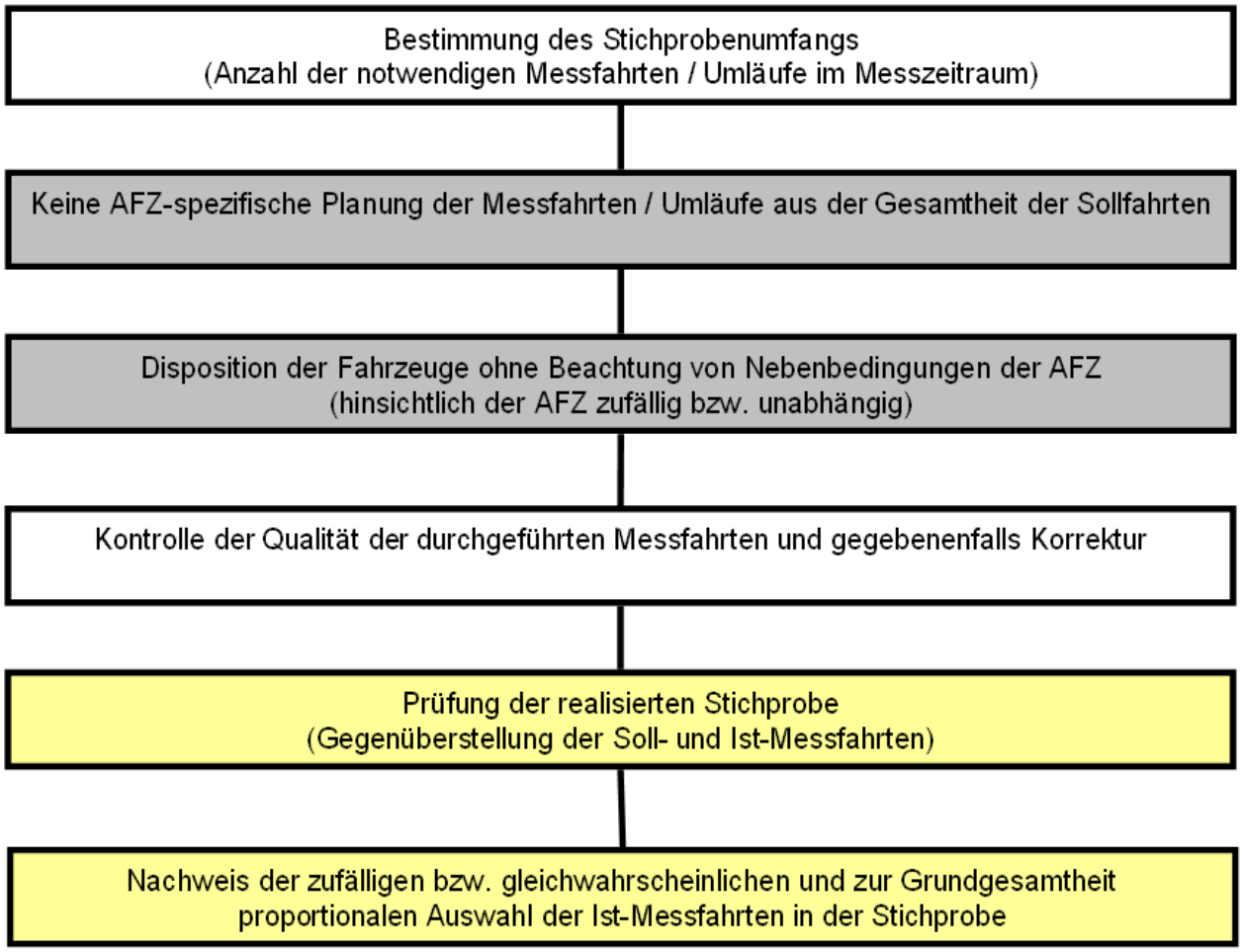


Abbildung 6: Struktur der Messfahrtenplanung mit zufälliger Disposition

Diese Übersicht orientiert auf Grundlage des Zugkonzeptes auf die Nachweisebene Fahrt. Im Falle der Anwendung des Wagenkonzeptes muss die Prüfung der realisierten Stichprobe auch auf der Ebene “erhobener Wagen” erfolgen, insbesondere dann, wenn nicht nachgewiesen werden kann, dass die Wagen zufällig mit gleicher Wahrscheinlichkeit alle Positionen einnehmen können.

4 Stichproben- und Ausrüstungsumfang

4.1 Stichproben- und Ausrüstungsumfang aufgrund geplanter Disposition

Die statistische Komponente für den Einsatz von AFZS ergibt sich zunächst nach den in **Abbildung 7** dargestellten Stufen.

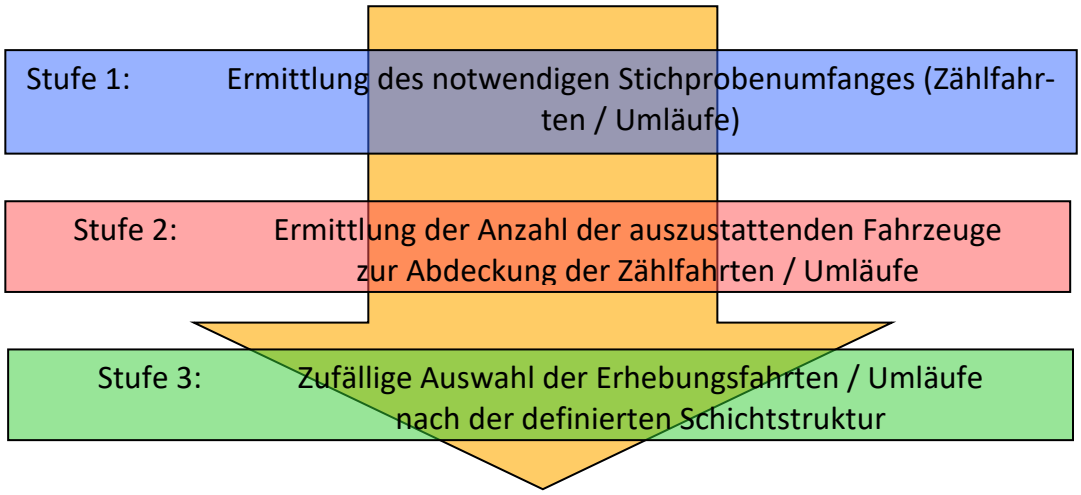


Abbildung 7: Stichproben- und Ausrüstungsumfang

4.1.1 Bestimmung des Stichprobenumfanges

In der 1. Stufe erfolgt die Bestimmung des erforderlichen Stichprobenumfanges n (Anzahl der Erhebungsfahrten), wobei gilt n = f (S, d_r, V). Der Stichprobenfehler d_r ist, verbunden mit der statistischen Sicherheit S, das grundlegende Qualitätsmaß jeder Verkehrserhebung auf Stichprobenbasis, wozu auch AFZS gehören. Hinzu kommt die relative Streuung V, als Quotient von Streuung und Mittelwert. Die Bestimmung des Stichprobenumfangs je Linie, also der Anzahl der erforderlichen Messfahrten (bzw. der Umläufe) entsprechend vorgegebener Qualitätsparameter (statistische Sicherheit, relativer Stichprobenfehler) im Messzeitraum ist für die Messfahrtenplanung von AFZS nach den allgemeinen methodischen Grundsätzen der Stichprobenplanung umzusetzen.

Die nachfolgenden Darstellungen sollen lediglich die Grundsätze und wesentlichen Größen der Stichprobenplanung im heterograden Fall veranschaulichen. Eine weitere Detaillierung der Stichprobenplanung erfolgt hier nicht. Dazu wird auf die einschlägigen statistischen Grundlagen verwiesen.

Die Ermittlung erfolgt allgemein in der Form

$$n = \frac{k^2 \cdot V^2 \cdot N}{k^2 \cdot V^2 + (N-1) \cdot d_r^2} \qquad \textbf{(1)}$$

Hierin sind:

n: Stichprobenumfang (Anzahl der Fahrten/Umläufe) im Erhebungszeitraum

V: Relative Streuung (Quotient Streuung/Mittelwert)

d_r: max. zulässiger relativer Stichprobenfehler

k: Tabellenwert (abhängig von S = Statistische Sicherheit)

N: Anzahl der Fahrten/Umläufe im Erhebungszeitraum (Grundgesamtheit)

Die Größen für die statistische Sicherheit und für den relativen Stichprobenfehler müssen variabel und parametrisierbar vom Anwender eingegeben werden können.

Wesentlicher Inhalt des ersten Berechnungsschrittes zur Bestimmung des erforderlichen Stichprobenumfanges ist die Abschätzung der Streuungen. Die Kenngröße „Relative Streuung“ soll als Ergebnisgröße aus dem System verwendet bzw. ebenfalls variabel vom Anwender eingegeben werden können. Diese kann entweder auf Basis von Sekundärdaten aus Verkehrserhebungen vorgegeben bzw. entnommen bzw. geschätzt werden.

Sobald aus Messfahrten Daten vorliegen, ist die tatsächliche Streuung als Ergebnisgröße dem Hintergrundsystem zu entnehmen. Als Planungsgröße zur relativen Streuung für eine Referenzanwendung kann die relative Streuung der beförderten Personen je Fahrt mit V = 100 % (= 1,0) angesetzt werden. Damit liegt die Planung des Umfanges der erforderlichen Zählfahrten für eine erste Referenzanwendung auf der sicheren Seite. Die weiteren Daten sind systemintern aus dem AFZS zur Verfügung zu stellen.

Bei der Messfahrtenplanung sind notwendige Korrekturen unter Berücksichtigung des Anteils verwertbarer Datensätze aus den Messfahrten, aus dem technischen Einsatzkoeffizienten der Fahrzeuge sowie durch die Verwerfung von Datensätzen in den späteren Prüfverfahren in geeigneter Form zu berücksichtigen.

Eine weitere Unsicherheit ergibt sich aus Dispositionsfehlern. Es wird deshalb vorgeschlagen, die berechnete Größe des Stichprobenumfanges durch ein Korrektiv, z. B. + 10 % zu erhöhen, welches diese aus praktischer Sicht auftretenden Probleme der Reduzierung von Zählfahrten a priori berücksichtigt.

4.1.2 Planung der Ausstattungsumfänge für Fahrzeuge

Die Ermittlung der Anzahl der auszustattenden Fahrzeuge ist notwendig, um den gemäß 4.1.1 ermittelten Stichprobenumfang umzusetzen. Das erfolgt gemäß der Formel

$$n(A) = \frac{n}{F \cdot k(Z)} \qquad \textbf{(2)}$$

Hierin sind:

n(A): Anzahl der mit AFZS auszurüstenden Fahrzeuge

n: Statistisch notwendige Anzahl der Erhebungsfahrten (Stichprobenumfang)

F: Anzahl der Zählfahrten, die ein ausgerüstetes Fahrzeug innerhalb des definierten Erhebungszeitraums ausführen kann (Fahrdauer, Ausfallrate usw.)

k(Z): Einsatzkoeffizient der Zähltechnik (z. B. AFZS-Ausfall, Erzeugung unbrauchbarer Datensätze).

Die unter F zu ermittelnde Anzahl von leistbaren Zählfahrten muss neben den für das Fahrzeug feststehenden Ausfallzeiten wegen Wartung (Laufleistung, TAB, Garantiezeiträume, durchschnittliche erfahrungsgemäße bzw. bisher festgestellte Ausfallzeiten) auch die durch die Zähltechnik bedingten Ausfall- und Wartungszeiten des Fahrzeuges berücksichtigen.

Bei der Abschätzung zur Kenngröße k(Z) ist zu berücksichtigen, dass die Zählung erfolgt ist, aber dennoch keine verwertbaren Daten vorliegen, weil in den weiteren Prüfschritten und Ausgleichverfahren Datensätze verworfen werden müssen. Diese Differenz muss sowohl bei der Stichprobenplanung als auch bei der Planung des Ausstattungsumfanges Beachtung finden.

Dabei sollen die nachstehend genannten Kenngrößen berücksichtigt werden:

— Werkstattreserve: Koeffizient zur Berücksichtigung der durchschnittlichen Ausfallhäufigkeit aufgrund technisch bedingter Randbedingungen (Wartung, Reparaturen)

— Betriebsreserve: Koeffizient zur Berücksichtigung betrieblich bedingter Ausfälle der Zählung (operative Änderung des Umlaufplans durch Fahrzeugtausch o. ä., falsche Stellung des Fahrzeugs im Betriebshof, Einsatz im Gelegenheitsverkehr bei Kombifahrzeugen usw.)

— Systemreserve: Koeffizient zur Berücksichtigung systembedingter Ausfälle (Fehler in den Rohdaten, Ausfall/Fehlfunktion von Systemteilen, Verwerfen der Fahrt bei der Transformation bzw. beim Ausgleichsverfahren aufgrund Nichteinhaltung der gesetzten Parameter, bei nicht autonomen Systemen mit logischer Ortung durch Wegstrecke: Nichterkennung der Fahrt aufgrund operativer, nicht planbarer Umleitungen).

Können diese Werte nicht zuverlässig bestimmt werden, kann auch eine weitere Form der Berechnung herangezogen werden.

Diese folgt dem Ansatz

$$n(A) = B \cdot c \cdot F \qquad \textbf{(3)}$$

mit

n(A): Anzahl der auszurüstenden Fahrzeuge

B: Fahrzeugbestand

c: Auswahlsatz der Zählfahrten

F: Erhöhungsfaktor zur Berücksichtigung aus Fahrzeugausfällen, nicht verwertbaren Daten usw. (nach Erfahrungen aus vergleichbaren Fällen im ÖPNV kann F = 2 gesetzt werden).

Nach allgemeinen Erfahrungswerten ist eine Ausstattungsgröße von 10 % des Fahrzeugbestandes hinreichend, muss aber immer im Einzelfall nach den jeweiligen Stichprobengrößen und den Restriktionen (Betriebshöfe, Fahrzeuge, Einsatz und Umlaufbedingungen) linienfein geplant werden.

4.2 Stichproben- und Ausrüstungsumfang aufgrund zufälliger Disposition

Ausrüstungsstrategie

Für ein AFZS gilt auch im Falle einer Planung nach zufälliger Disposition, dass alle Türen eines Fahrzeugs mit geeigneter Erfassungstechnik auszurüsten sind, damit alle Ein- und Aussteigevorgänge registriert werden und aus diesen Daten die Besetzung und damit die Verkehrsleistung festgestellt werden kann. Da Triebzüge an beiden Seiten durch einen Führerstand begrenzt sind, bedeutet dies – ebenso wie bei Bussen und Straßenbahnen – die Ausrüstung aller Außentüren.

Im Schienenverkehr werden jedoch sehr häufig lokbespannte Reisezüge eingesetzt. Eine derartige Zugkonfiguration besteht damit aus einer Menge einzelner Fahrzeuge, die – weitgehend beliebig – zu einem Zugverband zusammengesetzt werden können. Jeder einzelne Wagen kann durch Außentüren und – an jedem Ende eines Wagens – durch Übergangstüren[1] betreten und verlassen werden.

Werden alle Außentüren aller Reisezugwagen, die einen Zug bilden, mit AFZ-Geräten ausgerüstet, so könnte man einen solchen Zug aus der Sicht eines AFZS wie einen einzigen Triebzug betrachten und alle die für Triebzüge geltenden Regeln anwenden.

Bei einer solchen Ausrüstungsstrategie („Zugkonzept“) ist jedoch zu beachten, dass das AFZS für den gesamten Zug gestört ist, wenn auch nur eine einzige Tür nicht überwacht wird. Neben einer möglichen funktionalen Störung der AFZS-Türtechnik bedeutet dies, dass das AFZS nur so lange funktionstüchtig bleibt, als dem Zugverband kein nicht ausgerüsteter Wagen beigestellt wird. Für die stabile Anwendung eines Zugkonzeptes muss also sichergestellt sein, dass - über die gesamte Lebensdauer des AFZS hinweg - Züge stets ausschließlich aus mit AFZS ausgerüsteten Reisezugwagen gebildet werden und auch im Störungsfall Schadwagen nur durch mit AFZS ausgerüstete Reservewagen ersetzt werden.

Im Sinne der langfristigen Sicherung von Investitionen ist daher sorgfältig abzuwägen, ob die konkrete Zugbildung über einen sehr langen Zeitraum hinweg vorhersehbar bleibt.

Alternativ zum Zugkonzept kann jeder einzelne Reisezugwagen als eigenes, autarkes Fahrzeug betrachtet werden. In diesem Fall des sogenannten Wagenkonzeptes sind alle Außentüren und die Übergangstüren[2] mit Zählgeräten auszustatten. Im Störungsfall entfällt dann lediglich das Zählergebnis eines Wagens und nicht das des gesamten Zuges.

Wenn das AFZS eines Wagens vollständig autark ist und sämtliche Zugänge eines Wagens elektronisch überwacht sind, kann das Wagenkonzept wie das Konzept von Triebfahrzeugen in Mehrfachtraktion behandelt werden. Allerdings sind dabei zusätzlich die in Kapitel 9 beschriebenen Anforderungen zu beachten.

Dies bedeutet, dass nicht alle Wagen eines Zuges ausgerüstet sein müssen und die Zugbildung nur begrenzt[3] auf das AFZS Rücksicht nehmen muss. Insbesondere bleibt das AFZS auch dann funktionstüchtig, wenn ein ausgerüsteter Schadwagen durch einen nicht mit AFZS ausgerüsteten

[1] Mit dem Begriff „Übergangstüren“ werden allgemein alle Türen oder Fahrgastübergänge bezeichnet, die während der Fahrt genutzt werden können.

[2] Mit dem Begriff „Übergangstüren“ werden allgemein alle Türen oder Fahrgastübergänge bezeichnet, die während der Fahrt genutzt werden können.

[3] Selbstverständlich muss sichergestellt sein, dass genügend ausgerüstete Fahrzeuge eingesetzt werden.

Reservewagen getauscht oder die Zugbildung wegen geänderter Marktstrukturen angepasst werden muss.

Ermittlung des nötigen Ausrüstungsgrades

Bei der Ermittlung des nötigen Ausrüstungsgrades ist im Falle zufälliger Disposition der Zählfahrzeuge der in Kapitel 4.1.2 genannten Berechnungsformel ein Faktor hinzuzufügen, welcher den Grad der Abweichung der Fahrzeugeinsätze von der Gleichverteilung angibt und so den Ausrüstungsgrad erhöht.

Für die Gleichung gilt nun:

$$n(A) = \frac{n}{F \cdot k(Z)} \cdot V_{\Delta} \qquad \textbf{(4)}$$

$n(A)$: Anzahl der mit AFZS auszurüstenden Fahrzeuge

n: Statistisch notwendige Anzahl Erhebungsfahrten (Mindeststichprobenumfang)

F: Anzahl der Messfahrten, die ein ausgerüstetes Fahrzeug innerhalb des definierten Erhebungszeitraums ausführen kann (Fahrdauer, Ausfallrate usw.)

$k(Z)$: Einsatzkoeffizient der Zähltechnik (z. B. AFZS-Ausfall, Erzeugung unbrauchbarer Datensätze)

V_{Δ}: Korrekturfaktor aufgrund fehlender Dispositionsmöglichkeit

Auf Grund empirischer Daten wird dieser Wert für den SPNV mit V_{Δ} gleich 2 abgeschätzt. Damit ist bei sonst gleichen Bedingungen ein doppelt so hoher Ausrüstungsgrad notwendig, um den Mindesterhebungsumfang zu erreichen. Dies bedeutet, dass Schichten existieren, die unterdurchschnittlich mit ausgerüsteten Fahrzeugen bedient werden und damit die Wahrscheinlichkeit steigt, dass der gemäß statistischer Anforderung zu realisierende Stichprobenumfang in der kleinsten Schicht unterschritten wird. Beispielsweise kann der Fahrzeugeinsatz zwar zufällig erfolgen, das „AFZS-Netz“ zerfällt jedoch aus betrieblichen Besonderheiten hinsichtlich des Fahrzeugeinsatzes in mehrere weitgehend disjunkte (also getrennte) Teilnetze. In einem solchen Fall ist bei der Festlegung des Ausrüstungsgrades und natürlich bei der Zuweisung ausgerüsteter Fahrzeuge jedes Teilnetz eigenständig zu betrachten.

Im Normalfall, aber insbesondere bei komplexen Netzen, ist es sehr schwierig, die richtige Höhe eines solchen Ergänzungsfaktors ohne weitere Recherchen abzuschätzen. Es ist daher dringend zu empfehlen, vor Inbetriebnahme eines AFZS die Abschätzung des nötigen Ausrüstungsgrades anhand umfangreicher Simulationsrechnungen zu validieren.

Soweit entsprechende Daten existieren, sollten tatsächliche Fahrzeugeinsatzdaten vergangener Perioden aufbereitet und Fahrzeuge im Rahmen einer Monte Carlo-Simulation zufällig virtuell als mit AFZ-Geräten ausgerüstet markiert werden. Für alle markierten Fahrzeuge kann dann unterstellt werden, dass bei realen Anwendungen Zähldaten vorliegen[4]. Aus diesen Leistungsblöcken kann dann analysiert werden, in welchem Ausmaß der notwendige Stichprobenumfang erfüllt

4 Bei Bedarf kann dieser Wert noch um den in 4.2 genannten Einsatzkoeffizienten der Zähltechnik gemindert werden.

würde, d. h., ob Zugfahrten vollständig erhoben würden und die Verteilung nach Zugnummern oder Linien- und Wochentagsgruppen den Vorgaben entspricht.

Wiederholt man eine solche Simulation hinreichend oft und mit alternativen Ausrüstungsgraden, so lassen sich stabile Schätzwerte für den Erfüllungsgrad der Stichprobenvorgaben ableiten, die auch alle Störungen eines realen Zugbetriebs beinhalten. **Abbildung 8** zeigt ein (fiktives) Beispiel einer solchen Simulationsrechnung für eine Schichtungsstruktur nach einzelnen Zugnummern und Wochentagsgruppen.

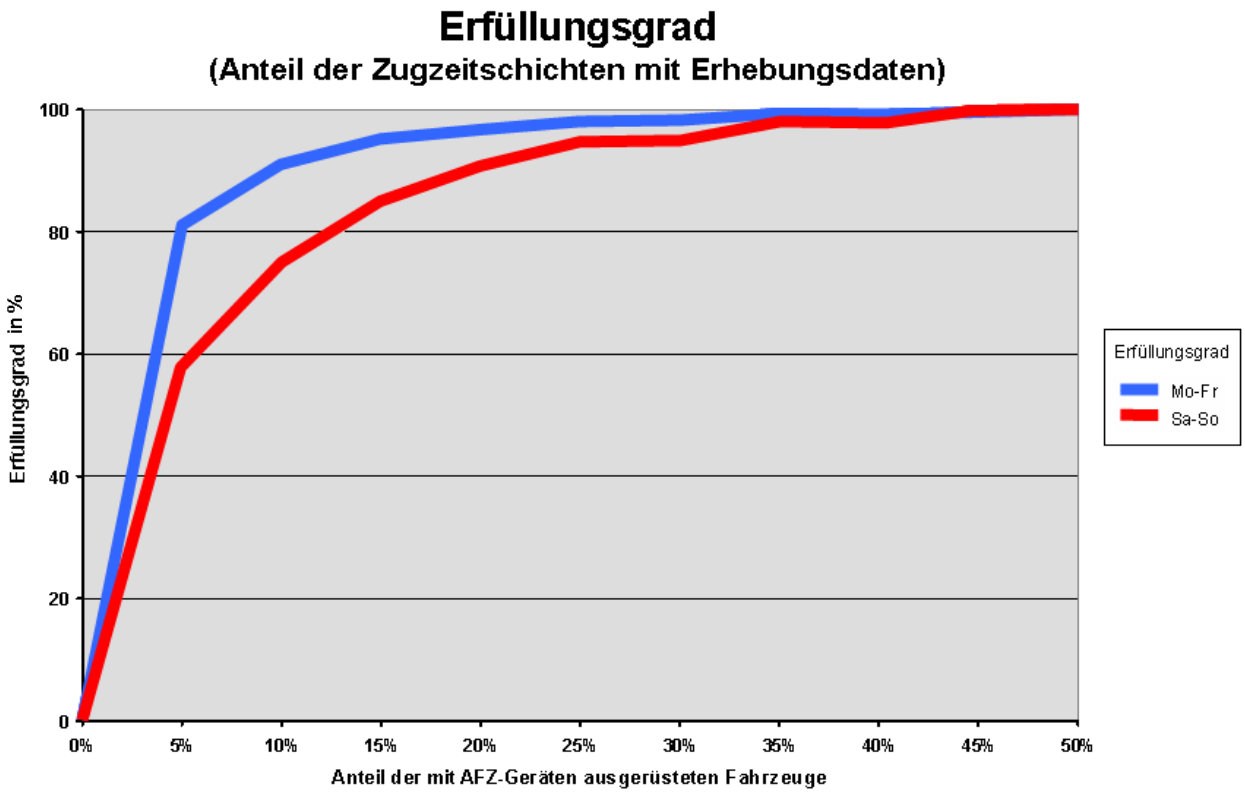


Abbildung 8: Beispiel Simulationsrechnung zum Ausrüstungsgrad

So werden in diesem Beispiel bei einer Ausrüstung von 10 % der Fahrzeuge im Betrachtungszeitraum werktags knapp 10 % und an Wochenenden mehr als 20 % der verkehrenden Zugnummern nicht vollständig mit AFZS-Ergebnissen abgedeckt.

Erhöht man den Ausrüstungsgrad hier auf 20 % aller Fahrzeuge, so fehlen werktags weniger als 3 % der Zugnummern und an Wochenenden weniger als 10 %. Eine Steigerung des Ausrüstungsgrades um weitere zehn Prozentpunkte erhöht die Erfüllungsquote hier an Werktagen nur unwesentlich und an Wochenenden auf eine Größenordnung von 95 %. Ausrüstungsgrade über 50 % hinaus würden in diesem Beispiel keinen weiteren Effekt auf die Erfüllungsgrade haben.

Aus der Gegenüberstellung der Kosten für einen höheren Ausrüstungsgrad und der entstehenden Kosten (z. B. durch Leerfahrten und Rangiermehraufwand) für eine gezielte Disposition zur Vermeidung von Schichten ohne Erhebungsdaten, kann dann ein wirtschaftlich optimaler Ausrüstungsgrad abgeleitet werden.

Mit besonderem Nachdruck ist darauf hinzuweisen, dass sich die in **Abbildung 8** exemplarisch dargestellten Kurvenverläufe von Netz zu Netz und von Produktionsverfahren zu Produktionsverfahren erheblich unterscheiden können. So führt die gemeinsame Betrachtung betrieblich disjunkter Teilnetze, z. B. bei wirtschaftlich tragbaren Ausrüstungsumfängen, zu relativ schlechten Erfüllungsquoten. Analysiert man dagegen die Fahrzeuge eines Teilnetzes getrennt, so erhöht sich dieser Wert deutlich.

Stehen keine tatsächlichen Fahrzeugeinsatzdaten aus vergangenen Perioden zur Verfügung oder ändert sich die Produktionssituation zukünftig derart, dass vorliegende Fahrzeugeinsatzdaten für Simulationszwecke als nicht zielführend erachtet werden, so kann die Formel (3) um den gleichen Faktor V_Δ erweitert und als Alternativrechnung herangezogen werden:

$$n(A) = B \cdot c \cdot F \cdot V_\Delta \qquad \textbf{(5)}$$

$n(A)$: Anzahl der mit AFZS auszurüstenden Fahrzeuge

B: Fahrzeugbestand

c: Auswahlsatz der Messfahrten

F: Erhöhungsfaktor zur Berücksichtigung aus Fahrzeugausfällen, nicht verwertbaren Daten usw. (nach Erfahrungen aus vergleichbaren Fällen im ÖPNV kann F = 2 gesetzt werden).

V_Δ: Korrekturfaktor aufgrund fehlender Dispositionsmöglichkeit

In den meisten Anwendungsfällen liegt der Korrekturfaktor V_Δ in einem Intervall zwischen 1 und 4. Wird auf den Empfehlungen gemäß 4.1 aufgesetzt, so ergibt sich ein optimaler Ausrüstungsgrad zwischen 10 und 40 %. Um den Ausrüstungsgrad möglichst genau abzuschätzen, sind für jeden Einzelfall die produktionstechnischen Rahmenbedingungen (wie Verteilung der Betriebshöfe, Netz- bzw. Fahrzeugumlaufstruktur, Art und Einsatzbedingungen der Fahrzeuge) zu prüfen und in die Betrachtung einzubeziehen.

Es ist anzumerken, dass sich die Formeln jeweils auf das gewählte Konzept, also entweder das Zug- oder das Wagenkonzept, beziehen. Im Falle eines Zugkonzeptes stellt sich die Grundgesamtheit als Anzahl aller Züge im jeweiligen Stichprobenzeitraum dar. Im Falle eines Wagenkonzeptes handelt es sich bei der Grundgesamtheit um die Anzahl aller Wagen im jeweiligen Stichprobenerhebungszeitraum. Der statistisch notwendige Ausrüstungsumfang ist auch hinsichtlich der Disposition der in einem Zug vorhandenen mit AFZS ausgerüsteten Wagen zu beachten.

5 Disposition der Messfahrten im Fahr- bzw. Umlaufplan

5.1 Planbare Disposition der Messfahrten

Mit der Messfahrtenplanung ist sicherzustellen, dass die aus der Gesamtheit der Sollfahrten zufällig ausgewählten Messfahrten einzeln oder geclustert zuverlässig und stabil in den Betriebsablauf eingeordnet werden. Bei einer Berücksichtigung von Fahrplandaten ist die Verfügbarkeit der jeweiligen Planungssysteme vorab zu prüfen. Als Cluster sind Varianten in Form der Fahrplantage/-halbtage, Umläufe oder andere Gruppen von Fahrten möglich.

Hier sind auch weitere Dispositionsbeschränkungen wie Bindung an Betriebshöfe, die wegen Werkstattkapazitäten auch nicht aufgehoben werden können, Sperrung von Linien oder Linienvarianten für einzelne Fahrzeugtypen durch Beschaffenheit von Straßen, Verträge mit Dritten, z. B. Linienbindung durch Werbung und bei Traktionen (Berücksichtigung technisch nicht koppelbarer Wagen) zu beachten.

Des Weiteren sollten verschiedene betriebliche Randbedingungen Berücksichtigung finden:

- Fahrer-Fahrzeug-Bindung durch Wochendienste (z. B. Außenabstellungen)
- Umlaufverknüpfungen (Verknüpfung von Teilumläufen u. a. beim Stärken und Schwächen von Zügen)
- Dynamischer Betriebshofwechsel von Fahrzeugen
- Getrennte Disposition nach Betriebshöfen und/oder Fahrzeugtypen
- Geplante Umleitungen (u. a. bei Abhängigkeit von nicht autonomen Systemen vom Master-System im Fahrzeug, z. B. Stammdatenversorgung RBL/ITCS)
- Fahrzeugwechsel
- Ausschluss von Umläufen mit nicht relevanten Fahrten (kein Verbundtarif, Fahrten außerhalb §42 PBfG usw.)

5.2 Zufällige Disposition der Messfahrten im Fahr- bzw. Umlaufplan

Eine Messfahrtenplanung findet bei zufälliger Disposition der AFZS-Fahrzeuge normalerweise nicht statt. Dafür sind jedoch eingehende Zähldaten hinsichtlich der Erfüllung der Mindeststichprobenumfänge kontinuierlich und sorgfältig zu überwachen.

6 Kontrolle und Korrektur der Qualität der durchgeführten Messfahrten

6.1 Kontrolle und Korrektur aufgrund geplanter Disposition

Wesentlich für die Akzeptanz und statistische Signifikanz der Stichprobenplanung und -durchführung ist der Nachweis zur Realisierung der Stichprobe nach Anzahl der durchgeführten Messfahrten und den definierten Schichtungsmerkmalen. In der Praxis hat sich gezeigt, dass geplante Messfahrten aus unterschiedlichen Gründen nicht immer realisiert werden konnten. Dafür gibt es ausreichende praktische Befunde.

Hierzu ergibt sich aus statistischer Sicht die Forderung nach einem geeigneten Verfahren mit einem zweistufigen Vorgehen:

Phase 1 Mit dem Verfahren zur **zufälligen Auswahl** der Messfahrten/Umläufe ist zu beginnen. Nach einem Zeitraum, in dem Nachplanungen noch möglich sind (z. B. nach der Hälfte des Erhebungszeitraumes), erfolgt eine Analyse zur Erfüllungsquote der Stichprobe nach der durchgeführten Anzahl und nach Einhaltung der Schichtungsmerkmale. Daraus sowie unter Berücksichtigung weiterer Messfahrten außerhalb der Stichprobe wird die Erfüllung der Stichprobe („wahrscheinliche Sättigung“) abgeschätzt. Die nach dem Zufallsprinzip erhobenen Zählfahrten sind zu erhalten und können nachträglich nicht verändert werden.

Phase 2 Es folgt die **gezielte Auswahl** der fehlenden Messfahrten/Umläufe nach einem Bewertungsverfahren nach Anzahl und Schichtungsmerkmalen der Messfahrten (Linien, Tagesgruppen, Zeitschichten)

Dieser Ablauf ist in Abbildung 9 dargestellt.

Abbildung 9: Monitoring

Das Bewertungsverfahren hat sicherzustellen, dass alle in der Stichprobe (Phase 1) notwendigen, aber noch nicht erhobenen Messfahrten/Umläufe nach Anzahl, Schichtungsmerkmalen (Linien,

Tagesgruppen, Zeitschichten) und nach ihrer statistischen Relevanz für die mengen- und schichtgetreue Erfüllung der Stichprobe bewertet und demgemäß in Phase 2 gezielt eingeordnet werden.

Damit ist zu sichern, dass aus Phase 1 (zufällige Auswahl) und Phase 2 (gezielter Auswahl) insgesamt eine zur Grundgesamtheit mengen- und schichtproportionale Stichprobe realisiert wird.

6.2 Kontrolle und Korrektur aufgrund zufälliger Disposition

Die im Kapitel 6.1 genannte Phase 1 wird durch die Realisierung der Fahrzeugdisposition ohne Berücksichtigung des Merkmals AFZS-Ausrüstung der Fahrzeuge ersetzt.

In einem regelmäßigen Prozess des Monitorings wird der Erfüllungsgrad der Stichprobenvorgaben[5] und insbesondere die im Zeitverlauf hinreichend gleiche Verteilung der Messfahrten über alle Schichten hinweg – wie im Fall gezielter Fahrzeugdisposition – kontinuierlich überwacht.

Dabei sind

a) die Anzahl der mindestens zu erhebenden Messfahrten je Schicht und Zählperiode (Sollfahrten = Mindesterhebungsumfang) und
b) die Anzahl erfolgreich absolvierter Messfahrten je Schicht und Zählperiode (Ist-Fahrten)

zu dokumentieren.

Anhand dieser Aufstellung kann zum einen überprüft und nachgewiesen werden, ob im Regelprozess die Fahrzeugdisposition – entgegen der expliziten Vorgabe – die AFZS-Fahrzeuge doch systematisch bestimmten Umläufen gezielt zugeordnet wurden. Zum anderen können gegen Ende des Betrachtungszeitraums drohende Untererfüllungen der Stichprobenvorgaben identifiziert und – im Sinne von speziellen Ausnahmefällen – die Phase 2 („gezielte Auswahl“) durch Anforderungslisten an den Fahrzeugdisponenten eingeleitet werden. Damit kann auch hier eine gezielte Disposition in Einzelfällen erfolgen.

Die Einhaltung der Stichprobenvorgaben kann durch Prüfung der realisierten Stichprobe sowie der zufälligen bzw. gleichwahrscheinlichen und zur Grundgesamtheit proportionalen Auswahl der Messfahrten in der Zählstichprobe nachgewiesen werden. Dabei sei anzumerken, dass der Nachweis auch für AFZS-Netze mit vollständiger Disponierbarkeit der Fahrzeuge in identischer Weise zu führen ist. In diesem Fall bedeutet dies letztlich den Nachweis der Aufstellung eines auf Zufall basierenden Messfahrtenplans und dessen Erfüllung.

Im Einzelnen ist nachzuweisen:

a) Erfüllung der Stichprobe nach Anzahl der Messfahrten in der Zählperiode unter Maßgabe der geltenden Vorgaben für den Stichprobenfehler und die statistische Sicherheit sowie der von dem SPNV-Unternehmen zu benennenden Größen zur Grundgesamtheit (Anzahl aller Fahrten im Erhebungszeitraum) sowie des Variationskoeffizienten
   Dazu sind die folgenden Größen offen zu legen:

[5] unter Beachtung der geltenden Anforderungen zu Stichprobenfehler und Sicherheitsgrad (vgl. 2.2)

n: realisierter Stichprobenumfang (Anzahl der durchgeführten Messfahrten)

N: Anzahl der Fahrten/Umläufe im Erhebungszeitraum (Grundgesamtheit)

d_r: realisierter relativer Stichprobenfehler

V: realisierte relative Streuung (Quotient Streuung/Maßzahl Mittelwert P)

b) Auswahl der Messfahrten bzw. Umläufe aus der Grundgesamtheit nach dem Zufallsprinzip sowie der Ausschluss[6] eines gezielten oder bewussten Einflusses auf den Auswahlvorgang und damit die Einhaltung des Prinzips einer gleichen Auswahlwahrscheinlichkeit für alle Fahrten.

Dies erfolgt, indem Form und Strenge des statistischen Zusammenhanges der Verteilung der Messfahrten nach Linien, Richtung, Tages- und Zeitschichten (Merkmal X) mit der Verteilung der Sollfahrten nach Linien, Richtung, Tages- und Zeitschichten (Merkmal Y) auf Basis einer Regressions- und Korrelationsuntersuchung für die Strenge des Zusammenhanges zwischen den Merkmalen X und Y geprüft werden.

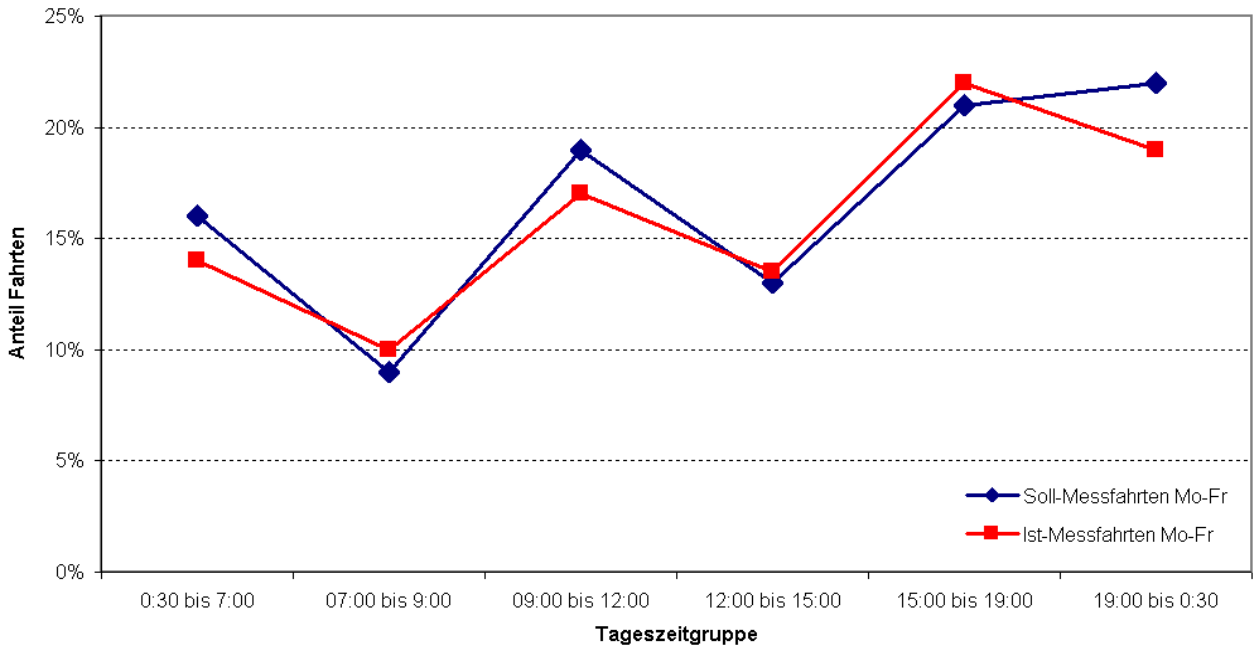


Abbildung 10: Beispiel für Gegenüberstellung von Soll- und Ist-Messfahrtenanteil einer Linie an einem Schichttag und in eine Richtung nach Zeitschichten

[6] In Einzelfällen kann eine gezielte Disposition von AFZS-Fahrzeugen aber akzeptiert werden, sobald zu befürchten ist, dass Zugzeitschichten vollständig ausfallen.

Dazu sind offen zu legen:

a) Anzahl und Struktur der Sollfahrten mit Anteilen nach Linie, Richtung, Tages- und Zeitschichten

b) Anzahl und Struktur der Messfahrten mit Anteilen nach Linie, Richtung, Tages- und Zeitschichten

Die zufällige Auswahl der Erhebungsfahrten und deren Proportionalität zur Grundgesamtheit werden bestätigt für den Fall, dass der Korrelationskoeffizient r_{xy} größer als der Zufallshöchstwert r_z ist.

Als Nachweis im Sinne des gegenseitigen Vertrauensschutzes wird die vorbenannte aggregierte Nachweisführung als Vereinbarung zwischen Partnern, z. B. eines Verbundes, als hinreichend erachtet.

Unbenommen davon kann bei gegebener statistischer Erforderlichkeit auch eine weitere Schichtung nach Zugzeitschichten bzw. weiteren Schichtungskriterien erfolgen.

7 Vorgaben zur Messgenauigkeit

Mit der Einführung von AFZS ergibt sich die Notwendigkeit, die Messgenauigkeit des Systems mathematisch-statistisch zu definieren und nach erfolgter Installation zu verifizieren.

Die Zählgenauigkeit des Systems entscheidet sich bei der Zählung der Ein- und der Aussteiger an den Türen. Dabei können systematische Abweichungen bzw. Fehler (Tendenz zur Unterzählung bzw. Überzählung) und zufällige Fehler auftreten.

Für die Messgenauigkeit des AFZS bezogen auf die Kenngrößen „Verkehrsmenge“ (P) und „Verkehrsleistung“ (Pkm) wird auf der Nachweisebene Zählfahrzeugkategorie die Einhaltung folgender Schranken gefordert:

7.1 Messgenauigkeit Personenzählung

Für die Messgenauigkeit des AFZS bezogen auf die Kenngrößen „Verkehrsmenge“ (P) und „Verkehrsleistung“ (Pkm) wird auf der **Nachweisebene Zählfahrzeugkategorie** die Einhaltung folgender Schranken gefordert:

a) Die Differenzen der Summen der automatischen Zählwerte der Ein- und Aussteiger aller Halte an allen Prüffahrten darf je Zählfahrzeugkategorie (Fahrzeug- bzw. Türtyp) **1 %** der manuell gezählten Zählwerte nicht übersteigen.

b) Es dürfen nicht mehr als 5 % aller Türhalte fehlerhaft sein, wobei als fehlerhaft ein Ergebnis gilt, dessen Abweichung mehr als ein Drittel [33,3 %] und gleichzeitig mehr als eine Person beträgt.

oder

c) Es dürfen nicht mehr als 5 % aller Halte eines Zählfahrzeuges fehlerhaft sein, wobei ein einzelnes Ergebnis aller Türen eines Zählfahrzeuges an einem Halt als fehlerhaft gilt, wenn die Abweichung mehr als 20 % des manuellen Wertes und gleichzeitig größer als eine Person beträgt.

d) Der statistische Test zur statistischen Unverzerrtheit ist nach dem Verfahren Äquivalenztest durchzuführen und damit die Existenz von systematischen Fehlern auszuschließen. Es gilt zulässiger Äquivalenzbereich (Messfehler + Konfidenzintervall) von plus minus 1,5 % bzw. 0,015.

Für alle weiteren Vorgaben, methodischen Regelungen und Vorgaben zur Testierung der Messgenauigkeit sowie zur Anwendung des Äquivalenztests, einschließlich eines Beispiels wird auf Kapitel 13, Anlage 2: "Regelkatalog zur Prüfung und Testierung der Messgenauigkeit**“** verwiesen.

7.2 Messgenauigkeit Zählung von Messkategorien (Fahrräder)

Für die Messgenauigkeit des AFZS bezogen auf Zählung von Messkategorien (Fahrräder) wird auf der Nachweisebne „Zählfahrzeugkategorie die Einhaltung folgender Schranken gefordert:

a) Die Differenzen der Summen der automatischen Zählwerte der gezählten ein- und austeigenden Objektkategorien Fahrräder aller Halte an allen Prüffahrten darf je Zählfahrzeugkategorie (Fahrzeug- bzw. Türtyp) 20 % bzw. 0,2 der manuell gezählten Zählwerte nicht übersteigen.

–

b) Der statistische Test zur statistischen Unverzerrtheit ist nach dem Verfahren Äquivalenztest durchzuführen und damit die Existenz von systematischen Fehlern auszuschließen. Es gilt zulässiger Äquivalenzbereich (Messfehler + Konfidenzintervall) von plus minus 30 % bzw. 0,3

Für alle weiteren Vorgaben, methodischen Regelungen und Vorgaben zur Testierung der Messgenauigkeit sowie zur Anwendung des Äquivalenztests, einschließlich eines Beispiels wird auf Kapitel 17, Anlage 6: „Prüfung und Testierung der Messgenauigkeit von Objektkategorien (Fahrräder)" verwiesen.

7.3 Messgenauigkeit Echtzeitbesetzung

Neben dem Kriterium zum mittleren Abstand (MAE) als führendes Kriterium für den Anwendungsfall der Echtzeit-Besetzung müssen Bewertungen der Verzerrung (ME) und eine Kontrolle der Ausreißer erfolgen.

Folgende Kriterien werden für den Anwendungsfall der Echtzeit-Besetzung definiert:

a) Mittlerer Abstand der automatisch erfassten Besetzungswerte von den wahren Besetzungswerten als vorzeichenloser mittlerer absoluter Fehler (MAE) mit einer statistisch garantierten Einhaltung eines Abstands von höchstens 20 % durch Anwendung des Äquivalenztests auf den MAE.

b) Mittlere Verzerrung der automatisch erfassten Besetzungswerte gegenüber den wahren Besetzungswerten als vorzeichenbehafteter mittlerer Fehler (ME) mit einer statistisch garantierten Einhaltung einer Verzerrung von höchstens + 15 % und nicht unter – 15 % durch Anwendung des Äquivalenztests auf den ME.

c) Ausreißerkontrolle als Anzahl der automatisch erfassten Besetzungswerte, die gegenüber den wahren Besetzungswerten nicht übermäßig stark abweichen mit der Einhaltung eines maximalen Anteils von 10 % der ZBFA, deren vorzeichenloser Abstand vom wahren Wert gleichzeitig mehr als 10 Personen und mehr als 20 % beträgt. Diese Prüfung wird auf den vorhandenen Werten der Vergleichszählungsstichprobe durchgeführt, das heißt ohne Überwachung der statistischen Sicherheit auf Basis des Äquivalenztests.

Für alle weiteren Vorgaben, methodischen Regelungen und Vorgaben zur Testierung der Messgenauigkeit sowie zur Anwendung des Äquivalenztests, einschließlich eines Beispiels wird auf Kapitel 17, Anlage 6: „Prüfung und Testierung der Messgenauigkeit von Objektkategorien (Fahrräder)" verwiesen.

8 Korrektur- und Ausgleichsverfahren

8.1 Saldenausgleich

Es ist notwendig, mit dem AFZ-System entsprechende Plausibilisierungs- und Korrekturverfahren zu implementieren.

Die aus statistischer Sicht notwendigen Anforderungen an den Algorithmus für den **Saldenausgleich,** die mit der Software umzusetzen sind, werden nachfolgend formuliert.

Zum Ausgleich von zufälligen Messfehlern sowie zur Plausiblisierung ist ein Saldenausgleich zwischen Ein- und Aussteigern nach einem geeigneten Ausgleichsalgorithmus für alle zugeordneten und zu korrigierenden Fahrten notwendig. Dieser kann nur die durch die Vorgabe zur Messgenauigkeit definierten und damit zugelassenen zufälligen Messfehler verursachten Saldendifferenzen zwischen Ein- und Aussteigern ausgleichen.

Der Saldenausgleichsalgorithmus darf **nicht** herangezogen werden, um eine aus anderen Gründen verursachte und demgemäß hohe Saldendifferenz zwischen Ein- und Aussteigern auszugleichen, die z. B. durch systematische Fehler oder große Abweichungen von den zugelassenen (definierten) Messfehlern entstanden ist. Insofern muss dafür Sorge getragen werden, dass entsprechend hohe Saldendifferenzen, die aus solchen Fehlern resultieren, bei der Prüfung der Daten erkannt und die entsprechenden Messfahrten eliminiert werden. Diese Einstellungen im System müssen vor dem Hintergrund größerer relativer Differenzen zwischen Ein- und Aussteigern bei Fahrten im Regionalverkehr oder Tagesrandlagen im Stadtverkehr mit überwiegend geringen Ein- und Aussteigerzahlen parametrisierbar sein.

Für die Fahrt bzw. Fahrtenkette ist zu prüfen, ob die Saldendifferenz einen bestimmten an den definierten Fehler gebundenen Wert erreicht. Fahrten, die einen solchen Sollwert übersteigen, sind zu eliminieren und nicht in den Saldenausgleich einzubeziehen. Eine Parametrisierung dieser Einstellung im System ist nötig.

Damit werden auch die Ursachen für Abweichungen in den Ergebnissen klar unterschieden in Fehler, die ursächlich im Messsystem (Sensoren) oder im Algorithmus zum Saldenausgleich (Software) liegen.

Der Algorithmus zum Saldenausgleich hat nach den Prinzipien Einfachheit, Transparenz, Interpretierbarkeit der Größen, Nachvollziehbarkeit und mit der Erwartung einer gleichen Fehlerhaftigkeit bei Einsteiger- und Aussteigerwerten

— die Unterbindung negativer Belegungswerte sowie

— den Saldenausgleich im engeren Sinne, d. h. im Sinne des Entfernens einer positiven Endbesetzung (einer Fahrt bzw. bei Vorhandensein von „Sitzenbleibern“ einer Fahrtkette)

zu sichern.

Hier ist ein Verfahren mit folgenden, hier nur allgemein aufgeführten, logischen Schritten anzuwenden.

Diese Schritte sind immer unter den tatsächlich vorhandenen Bedingungen zu prüfen und demgemäß festzulegen. Eine weitere Detaillierung erfolgt nicht, weil diese Lösungen bereits ein jeweils spezifisches Know-how der Anbieter beinhalten. Das betrifft auch den Sachverhalt, dass ein Ausgleich nicht nur über Fahrten, sondern auch über Fahrtenketten erfolgen muss.

a) Es werden grundsätzlich Aussteiger (A) an der 1. Haltestelle und Einsteiger (E) an der letzten Haltestelle auf 0 gesetzt, sofern planmäßig keine Fahrgäste im Fahrzeug verbleiben („Sitzenbleiber“). In diesem Falle werden grundsätzlich Aussteiger (A) an der 1. Haltestelle der ersten Fahrt einer Fahrtkette und Einsteiger (E) an der letzten Haltestelle der letzten Fahrt der Fahrtkette auf 0 gesetzt.
b) Bildung des Mittelwertes aus der Summe der Einsteiger und der Summe der Aussteiger und Korrektur des Differenzbetrages sowohl für die Ein- als auch für die Aussteiger im Falle E ≠ A

   — nach dem Prinzip des mangelnden Grundes an allen Haltestellen
   — nach zufälliger Auswahl an definierten Haltestellen
   — nach Wahrscheinlichkeit der Belegung an Haltestellen mit den größten Ein- und Aussteigerzahlen
   — in Verbindung mit weiteren Plausibilitätskriterien

c) Unterbindung negativer Belegungswerte

Wesentliche Punkte des Algorithmus zum Saldenausgleich für die ausschließlich durch zufällige Messfehler entstandenen Saldendifferenzen sind hierbei einerseits der Saldenausgleich nach dem Mittelwert aus der Summe der Einsteiger und der Summe der Aussteiger und andererseits die Entscheidung zur Korrekturhaltestelle. Ein Saldenausgleich nach höchstem bzw. niedrigstem Wert oder nur dem Einsteiger- bzw. Aussteigerwert sind nicht zulässig.

8.2 Wartesaaleffekt

Prinzipiell können die Zählsensoren das wiederholte Ein- und Aussteigen desselben Fahrgastes am selben Halt nicht als solches identifizieren. Es kann daher auch nicht direkt die inhaltlich sinnvolle Forderung realisiert werden, als *Einsteiger* an einem Haltebahnhof einer Zugfahrt nur diejenigen gezählten Personen zu werten, die sich auch auf dem anschließenden Fahrtabschnitt noch im Zug befinden, also nicht vor Abfahrt des Zuges wieder ausgestiegen sind und entsprechend als *Aussteiger* auch nur diejenigen Personen, die sich bereits auf dem vorangegangenen Fahrtabschnitt im Zug befanden.

Eine beobachtungsgestützte Begründung für das Verhalten des Einsteigens und anschließenden Aussteigens am selben Haltebahnhof ist die Nutzung des Zuges als Wartesaal, die besonders dann zutreffen kann, wenn

— die Haltezeit des Zuges ausreichend lang ist und
— der Bahnhof wenige konkurrierende Aufenthaltsmöglichkeiten besitzt.

Daher sind von den während der Haltephase den Zug verlassenden Personen nur diejenigen als Aussteiger zu werten, die innerhalb eines festgelegten Zeitintervalls nach Ankunft des Zuges aussteigen. Von den später den Zug verlassenden Personen ist anzunehmen, dass sie am selben Halt in den Zug eingestiegen sind (Wartesaal-Nutzung).

Es ist also zu fordern, dass die Zählwerte der einsteigenden und aussteigenden Personen getrennt für den festgelegten Zeitraum nach Ankunft des Zuges und dann für den sich anschließenden restlichen Haltezeitraum vorliegen.

Dieses Vorgehen bezieht sich auf die die Bahnhofsbelastung bestimmenden Außentüren in den zwei Zeiträumen ebenso wie auf den für die Haltephase gültigen Saldo der Übergangstüren, der bei negativem Saldo den Aussteigern zugeordnet wird und bei positivem Saldo den Einsteigern.

9 Mögliche Standardlösungen für betrieblich-technische Sonderfälle

9.1 Sonderfälle ÖPNV

Nach vorliegenden Erfahrungen ergeben sich abhängig von den jeweiligen betrieblich-technologischen und weiteren Rahmenbedingungen (auch aus methodischen Regelungen zum Einnahmeaufteilungsverfahren) bestimmte Sonderfälle für die Erfassung von Verkehrsmengen und -leistungen. Für diese Sonderfälle existieren noch keine Standardlösungen. Eine Standardisierung dieser Fälle soll angestrebt werden.

Als Mindestumfang sollten für die Erfassung von Verkehrsmengen und Verkehrsleistungen Standardlösungen angeboten werden für z. B.

— differenzierte räumliche Ausprägungen (z. B. Tarifzonen) unter Berücksichtigung von Besetzungen (auch virtuelle Einsteiger für eine nachfolgende Tarifzone beim Überfahren von Tarifzonengrenzen) sowie Ein- und Aussteiger

— Verbundräume unter Berücksichtigung von ein- und ausbrechenden Fahrten

— Verbundräume unter Berücksichtigung von Grenzzonen sowie von besonderen Verkehrsräumen in Tarifzonen (z. B. kleine Stadtverkehre)

— Ringlinien bzw. andere adäquate Fahr-, Dienst- oder Umlaufplan bedingte Verknüpfungen von Fahrten

— Überbelegung von Fahrzeugen (Aus- und Wiedereinstieg von Fahrgästen, um den Fahrgastwechsel zu ermöglichen)

— Gebietskörperschaften (z. B. Landkreise) für die unternehmensindividuelle Abrechnung von Verkehrsleistungen gegenüber Aufgabenträgern o. ä.

— Schleifenfahrten

— Doppelhaltestellen (zweimaliges Halten im Linienverlauf an einer Haltestelle bzw. zweimaliges Halten an derselben Haltestelle, z. B. an der End- und Anfangshaltestelle).

Diese Vorgaben bedürfen einer weiteren detaillierten Ausgestaltung in den jeweiligen Lastenheften.

9.2 Sonderfälle SPNV

9.2.1 Produktionsform

Schienenverkehre werden in sehr unterschiedlicher Form durchgeführt. So bestehen Züge des SPNV im Gegensatz zu Bussen und Straßenbahnen oft

— aus mehreren Fahrzeugen

— unterschiedlichen Typs

— mit zwei Wagenklassen.

Auch existieren eine Vielzahl Baureihen mit unterschiedlichen technischen Rahmenbedingungen und unterschiedlicher Türgeometrie.

Neuartige Triebfahrzeuge (Triebzüge) erlauben eine variable Zugbildung ohne Einsatz von Rangierpersonal, so dass die Zahl der Fahrzeuge auf einer Zugfahrt oft geplant verändert und so spezifischen Nachfragesituationen geeignet Rechnung getragen wird. Im Extremfall geschieht dies auch kurzfristig als Reaktion auf bestimmte Indikatoren wie z. B. Wetter oder Veranstaltungen.

Die Produktionsform mit wechselndem Platzangebot durch Stärken, Schwächen und Flügeln hat erhebliche Rückwirkungen auf einen Einsatz von AFZS. Wie Abbildung 11 schematisch zeigt, werden einzelne Zugfahrten auf Teilabschnitten[7] mit unterschiedlichen Fahrzeugen befahren, die in ihrer Zusammensetzung wechseln.

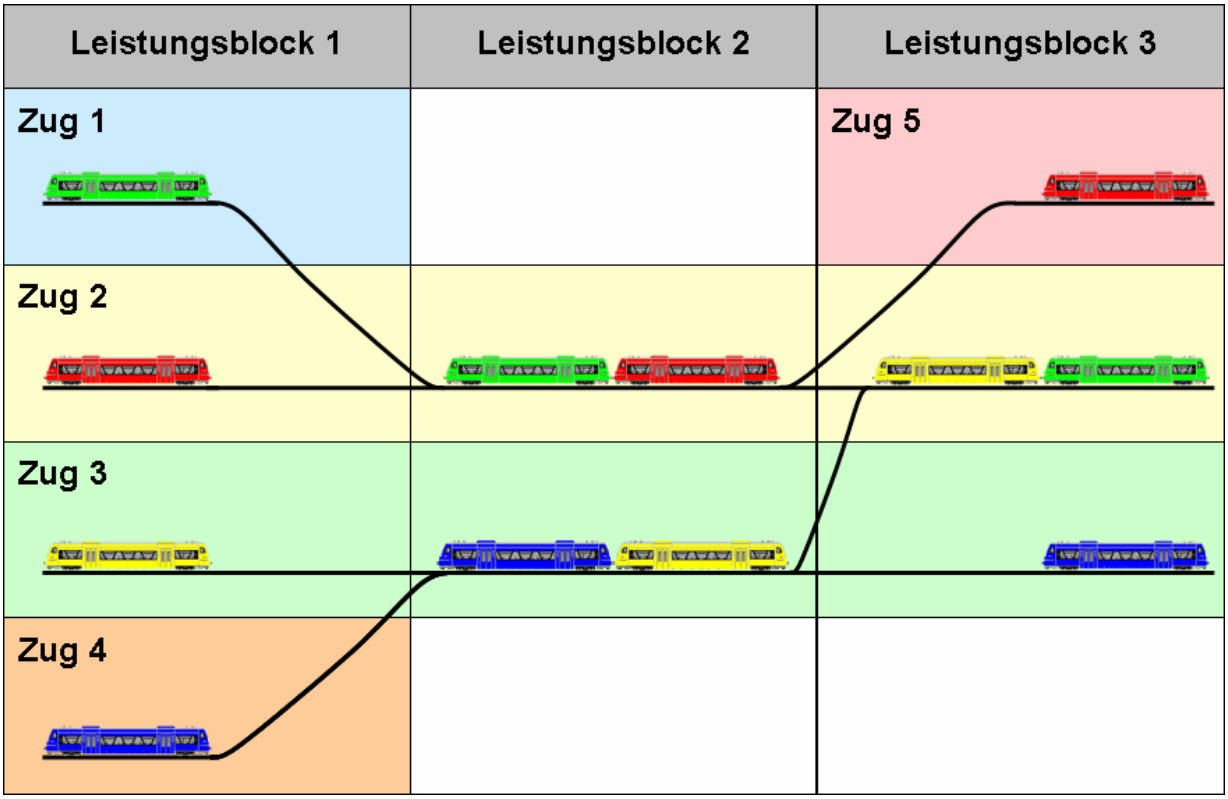


Abbildung 11: Variable Zugbildung

Sollte gefordert werden, dass z. B. die Verkehrsnachfrage der Zugfahrt 3 vollständig gezählt wird, so müsste sichergestellt sein, dass an einem bestimmten Verkehrstag das gelbe und das blaue Fahrzeug mit Zählausrüstung versehen ist. Damit das gelbe Fahrzeug aber im Zug 2 zu einem vollständigen Zählergebnis beitragen kann, müssten auch das rote und das grüne Fahrzeug ausgerüstet sein. Da die Fahrzeuge in komplexen Netzen in vielen verschiedenen und täglich wechselnden

[7] Teile eines Umlaufs mit identischer Zugbildung werden im Folgenden als Leistungsblöcke bezeichnet.

Kombinationen gemeinsam verkehren, wäre das Dispositionsproblem – auch wenn die Möglichkeit einer Einsatzdisposition denn bestünde – nur mit extrem hohen Ausrüstungsgraden überhaupt lösbar.

Unter praktikablen Bedingungen kann nicht sichergestellt werden, dass

— alle Fahrzeuge einer Zugfahrt mit AFZS ausgerüstet sind,

— die Nachfrage einer Zugfahrt auf allen Abschnitten vollständig erhoben wird.

Vielmehr muss die Untersuchungseinheit von der gesamten Zugfahrt auf einen Teil der Zugfahrt – die sog. Leistungsblockfahrt – erweitert werden. Das AFZS liefert dann

— Erhebungsdaten für einzelne Leistungsblockfahrten und

— bei Mehrfachtraktion für Teile des Platzangebotes.

Ein Zugergebnis ist damit aus mehreren Leistungsblockfahrten von mehreren unterschiedlichen Tagen zusammenzusetzen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass nicht in jedem Fall alle Zuglaufteile mit verwertbaren Daten zur Verfügung stehen. Es ist auf geeignete Verfahren zurückzugreifen, um für diese Zuglaufteile Werte anzusetzen.

9.2.2 Angebotskonzepte

Fahrzeuge werden im Schienenverkehr auf teilweise mehrtägige Umläufe disponiert, die eine Vielzahl einzelner Zugfahrten bedienen. Im Falle eines Wechsels der Zugnummer müssen die Aussteiger der ankommenden und Einsteiger der abfahrenden Zugnummer zugeordnet werden.

Bei langen Haltezeiten darf jedoch vermutet werden, dass Fahrgäste nach Erreichen ihres Zielbahnhofs zügig aussteigen. Steigen Fahrgäste nach Ablauf einer gewissen Zeitspanne aus, so ist anzunehmen, dass diese nicht mit diesem Zug angekommen sind, sondern vielmehr den Zug auch an diesem Bahnhof betreten haben und den Zug als Zwischenaufenthalt („Wartesaal“) nutzen.

Dieser Sachverhalt ist insofern von erheblicher Bedeutung, als ohne geeignete Korrektur die Verkehrsleistung systematisch (und teilweise deutlich) überschätzt wird. Da alle Aussteiger zu der einen Zugnummer und alle Einsteiger zur anderen Zugnummer zählen, erhöhen diese Fahrgäste trotz des nachfolgenden Zählfehlerausgleichs[8] auf beiden Zugnummern die Verkehrsnachfrage. Daher sind Fahrgäste, die nach einer vorzugebenden Karenzzeit ausgestiegen sind, von den Einsteigern abzuziehen. Erst danach ist die Zuscheidung auf Zugnummern vorzunehmen.

Dies bedeutet für die Technik im Fahrzeug, dass die Zählwerte eines Haltepunkts nach wenigstens zwei Zeitintervallen zu gliedern sind.[9]

9.2.3 Wagenkonzept

Reisezugwagen[10] können – im Gegensatz zu Triebzügen – nicht nur an Halten, sondern auch während der Fahrt an Übergangstüren betreten und verlassen werden. Dies bedeutet, dass Zählvorgänge nicht wie z. B. im Bus auf bestimmte Systemzustände des Fahrzeugs (Fahrzeug hält, Tür ist

[8] Vgl. Kapitel 8.2

[9] Die beschriebene Anforderung an die AFZS-Technik ist durch den AFZS-Lieferanten zu berücksichtigen.

[10] Der Begriff „Reisezugwagen“ ist sinngemäß auch für Teilräume von Triebzügen zu nutzen (sogenanntes Konzept teilausgerüsteter Triebfahrzeuge).

freigegeben, Tür ist offen) begrenzt werden können. An Wagenübergangstüren ist stets zu zählen.

Hierdurch entsteht der Bedarf einer Definitionserweiterung. Ein- und Aussteiger sind stets für den Zeitraum eines Haltevorgangs und für den jeweiligen Halteort definiert. Die Besetzung wird aus diesen Größen durch Saldierung für die Fahrtstrecke von einem Halt zum nächsten abgeleitet.

Fahrgastwechsel an Übergangstüren führen jedoch zu einer sich kontinuierlich ändernden Besetzung während der Fahrt. Für die Feststellung der Besetzung ist also eine Vereinbarung zu treffen.

Fahrgäste bewegen sich üblicherweise direkt nach Abfahrt auf der Suche nach einem Platz im Zug bzw. begeben sich vor Ankunft auf den Weg zu einer Außentür. Die geringste Fahrgastbewegung ist demnach in der (zeitlichen) Mitte zwischen zwei Halten anzunehmen, wenn Fahrgäste ihren Platz gefunden haben, sich aber noch niemand zum Aussteigen fertigmacht. Es empfiehlt sich, diese zeitliche Mitte zur Bestimmung der Besetzung zu nutzen und die Besetzung bei Abfahrt um den Saldo der Wagenwechsler zur zeitlichen Mitte zwischen zwei Halten zu korrigieren.

Dies erfordert die Aufzeichnung der Bewegungen an Übergangstüren bis zur Abschnittsmitte. Da dieser Zeitpunkt von Zugfahrt zu Zugfahrt und von Abschnitt zu Abschnitt variiert, tritt hier zunächst ein technisches Problem ein. Von der Versorgung des Fahrzeugs mit Fahrplandaten (aus dem dieser Zeitpunkt bestimmbar wäre) ist aufgrund des enormen logistischen Aufwands abzuraten. Zudem müssen dann alle Verspätungen geeignet erkannt und berücksichtigt werden.

Es ist daher vom AFZS zu fordern, dass Zwischenergebnisse für die Fahrgastbewegungen an Übergangstüren in engen zeitlichen Intervallen (z. B. in zehn Sekunden-Schritten) gemessen und im Fahrzeug so lange gespeichert werden, bis der nächste Halt erreicht ist. Aus diesen aufgezeichneten Werten kann dann das zur Mitte zwischen zwei Halten gültige Ergebnis ermittelt werden.[11]

Fahrgastbewegungen an Übergangstüren während der Fahrt beeinflussen nicht nur die Besetzung zwischen zwei Halten, sondern auch die Bahnhofbelastung. Eine Korrektur des an Halten gezählten Ergebnisses von Außentüren ist erforderlich. Wie Abb. 12 zeigt, sind dabei unterschiedliche Zeitphasen zu beachten.

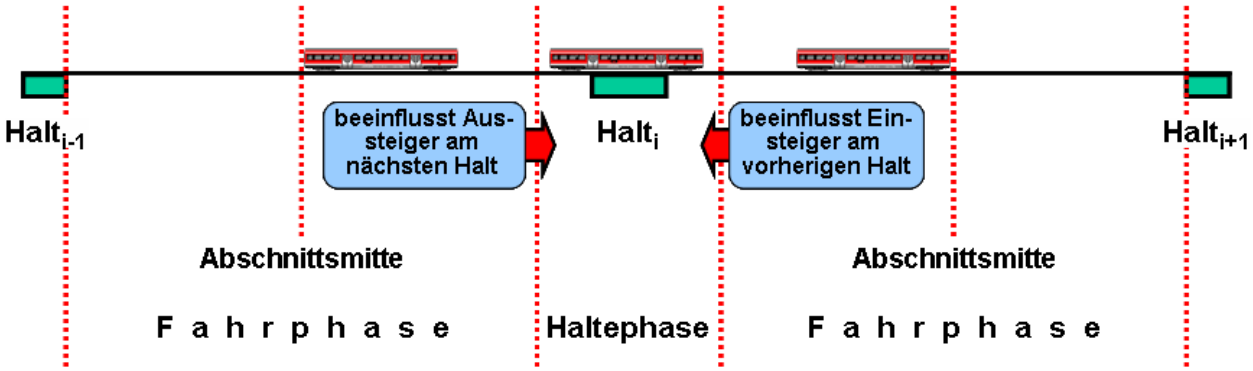


Abbildung 12: Korrektur der Bahnhofsbelastung

[11] Die hier beschriebene Thematik der permanenten Zählung an Übergangstüren auch während der Fahrt ist durch den AFZS-Lieferanten zu berücksichtigen.

So beeinflusst der Saldo an Übergangstüren, also die Differenz der Anzahl Fahrgäste, die den Wagen im Zeitraum von der Abschnittsmitte bis zum nächsten Halt betreten, und der Anzahl Fahrgäste, die in diesem Zeitraum den Wagen verlassen, die Aussteiger am nächsten Halt.

Der Saldo von der Abfahrt bis zur Abschnittsmitte beeinflusst den Schätzwert für die Einsteiger am davor liegenden Haltepunkt. Durch eine derartige Korrektur wird erreicht, dass der Schätzwert der gesamten Bahnhofsbelastung, d. h. hochgerechnet auf alle, auch die nicht ausgerüsteten Fahrzeuge, unverzerrt ist.

Für das AFZS bedeutet die Anwendung des Wagenkonzeptes, dass

— die gesamte AFZS-Ausrüstung des Wagens autark sein muss

— Wagenübergangstüren mit AFZ-Technik (Sensoren) ausgerüstet sind

— während der Fahrt eine Zählung in engen zeitlichen Takten erfolgt

— das Hintergrundsystem die Zählergebnisse entsprechend verarbeitet.

Diesem Mehraufwand stehen jedoch die Vorteile einer vom konkreten Zugverband weitgehend unabhängigen Betriebsbereitschaft des jeweiligen Zählfahrzeugs gegenüber. Es wird erreicht, dass das AFZS bei Ausfall einzelner Fahrzeuge und bei beliebiger Zugbildung grundsätzlich funktionsfähig bleibt und so die Investition in das AFZS auch bei heute noch nicht absehbaren Änderungen der Produktionsformen gesichert ist. Zudem lässt sich in vielen Fällen durch intelligente Variation notwendiger AFZS-Fahrzeuge die Gesamtanzahl ausgerüsteter Fahrzeuge und damit der zusätzliche Investitionsbedarf absenken, ohne das Datenqualitätsniveau signifikant zu verändern.

9.2.4 Unterscheidung nach Wagenklassen

In Reisezügen werden häufig zwei unterschiedliche Wagenklassen angeboten, die sich in Komfort und Fahrpreisniveau unterscheiden. Üblicherweise kann nicht davon ausgegangen werden, dass die Platzausnutzung (Verhältnis aus Besetzung und Platzangebot) beider Wagenklassen gleich ist.

Sofern eine Unterscheidung der Nachfragewerte nach Wagenklassen für die Verkehrsunternehmen oder die Aufgabenträger von Interesse ist – z. B. für Analysen der Platzausnutzung oder zur Abschätzung von Erlösen – sind im AFZS entsprechende Vorkehrungen zu treffen. Dabei können Außentüren nicht einfach Wagenklassen zugeordnet werden, da der Übergang zwischen den Wagenklassen während der Fahrt stets möglich ist. Die Unterscheidung von Wagenklassen entspricht methodisch dem beschriebenen Wagenkonzept, wobei die zusammenhängenden Bereiche einer Wagenklasse einem „Wagen“ und der Übergangsbereich von einer Wagenklasse zur nächsten der „Wagenübergangstür“ entspricht.[12]

Da eine Wagenklasse während der Fahrt betreten und verlassen werden kann, sind die Fahrgastbewegungen an den Übergangsbereichen stets und in engen Zeittakten zu zählen und die Ergebnisse wie im Wagenkonzept beschrieben aufzubereiten.

[12] Im Rahmen der Definition des Verwendungszwecks der Zählergebnisse ist zu prüfen, inwieweit bei beabsichtigter Forderung nach getrennter Erhebung in 1.- und 2.-Klasse-Bereichen erwartet werden kann, auf Basis der zukünftig zur Verfügung stehenden Daten (in qualitativer und quantitativer Hinsicht) für den jeweils betrachteten Bereich belastbare Aussagen zur Verfügung stehen.

9.2.5 Unterschiedliche Platzausnutzung in der gleichen Wagenklasse

Insbesondere bei Reisezügen mit vielen Wagen könnte angenommen werden, dass die Besetzung zwischen Wagen der gleichen Wagenklasse systematisch variiert. Dies kann zum einen aus dem Einsatz unterschiedlicher Fahrzeugtypen (mit unterschiedlicher Ausstattung), zum anderen aus kurzen Reisezeiten verbunden mit dem Umstand, dass Fahrgäste ihre Laufwege auf dem Bahnsteig zum Zug oder vom Zug weg optimieren, resultieren.

Führen diese Alltagsphänomene im betrachteten Netz zu signifikanten Unterschieden in den Besetzungsgraden der Wagen, so sind sie bereits bei der Erstellung des Ausrüstungskonzeptes zu berücksichtigen. Voraussetzung hierfür ist jedoch ein zuverlässig und sicher geliefertes Merkmal, welches für jeden tatsächlich gefahrenen Wagen die Position im Zugverband angibt.

Bei Wahl des Wagenkonzeptes ist zusätzlich darauf zu achten, dass aufgrund der Einzelwagenausrüstung alle für eine erwartungstreue Schätzung der Nachfrage notwendigen Stellungen im Fahrzeugverband abgedeckt werden können. Dabei sind nicht die Positionen jedes einzelnen Wagens entscheidend, sondern vielmehr diejenigen Positionen im Zug, über die die Nachfrage für eine spezifische Anzahl von Wagen mit gleichen Besetzungsgraden repräsentativ ermittelt werden kann.

Um ein optimales Gesamtergebnis zu erreichen, sind bei Betriebsaufnahme die mit AFZS ausgerüsteten Fahrzeuge möglichst auf alle Zuggarnituren gleichmäßig auf alle Positionen im Zug zu verteilen.

9.2.6 Überwachung Prozesskette

Generell, aber insbesondere im Schienenverkehr mit variabler Zugbildung, stellt ein AFZS ein hoch komplexes System dar. Neben der Erfüllung der genannten Bedingungen im statistischen Ansatz und in der technischen Ausrüstung kommt der Überwachung des täglichen Betriebs des AFZS hohe Bedeutung zu.

So ist unverzichtbar, dass die Prozesskette vollständig und umfassend formuliert ist und durch organisatorische und insbesondere personelle Regelungen sichergestellt wird, dass die Prozesskette kontinuierlich durchlaufen wird.

Abbildung 13 zeigt die grundsätzliche Struktur einer solchen Prozesskette für eine allgemeine Form eines Leistungsblockkonzeptes.

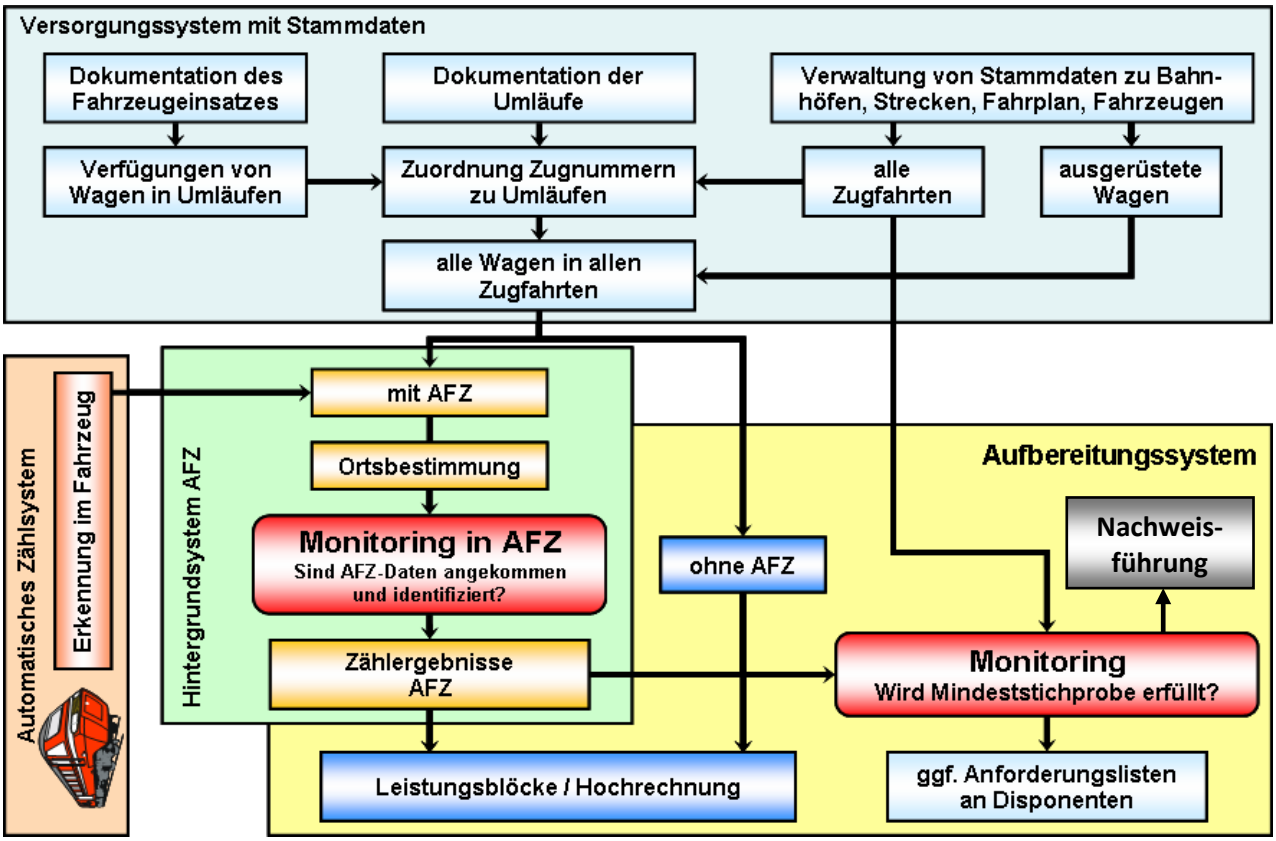


Abbildung 13: Grundsätzliche Struktur der Prozesskette

10 Plausibilitätsprüfungen und Korrekturen

Es wird grundsätzlich gefordert, vor der Übernahme von Messfahrten Konsistenzprüfungen durchzuführen und nicht konsistente Fahrten bzw. daraus resultierende Zähldaten zu verwerfen.

Dabei können z. B. Messfahrten verworfen werden,

— zu denen keine entsprechende Sollfahrt vorliegt

— auf denen weniger als eine parametrierbare Quote an Halteorten (Anzahl aufgezeichnete Halteorte / Anzahl Halteorte im Soll) aufgezeichnet wurde (hier ist zu beachten, dass Fahrten mit 0 Fahrgästen in Tagesrandlagen nicht unüblich sind)

— deren Istabfahrtszeit am ersten Halteort um mehr als eine parametrierbare Zeitspanne von der Sollabfahrtszeit (vor allem im Regionalverkehr bzw. bei Taktzeiten ≥ 30 min.; im Stadtverkehr eher nicht zutreffend) abweicht

— deren Istzeiten an den Halteorten nicht in aufsteigender Reihenfolge vorliegen

— deren maximale Belegung auf einem Streckenabschnitt im Fahrtverlauf die Fahrzeugkapazität (einstellbarer Parameter) deutlich übersteigt

— deren maximales Fahrzeitverhältnis (Istfahrzeit / Sollfahrzeit) auf einem Streckenelement im Fahrtverlauf einen bestimmten (einstellbaren) Faktor übersteigt

— die über den im gesamten Aufzeichnungsverlauf an (mindestens) einem Sensor weder Ein- noch Aussteiger aufgezeichnet haben (Anforderung auf sensorgenaue Meldung bzw. Erfassung)

— bei denen die Saldendifferenz einen bestimmten einstellbaren Sollwert übersteigt (relativ und absolut vorzugeben) bzw. negative Durchfahrer sowie negative Besetzung ergibt.

Diese Vorgaben bedürfen einer weiteren detaillierten Ausgestaltung in den Lastenheften und stellen hier nur auf die Sachverhalte ab, die im unmittelbaren Zusammenhang zu statistischen Anforderungen stehen. Die genaue Vorgabe muss unter Berücksichtigung der jeweiligen Rahmenbedingungen durch das jeweilige Verkehrsunternehmen bestimmt werden.

Die Parameter sollten grundsätzlich einstellbar sein, wobei eine feste Definition bestimmter Parameter durch den Softwarelieferanten je nach spezifischer Situation im Unternehmen/Verbund möglich sein sollte (u. a. bei Verbundlösungen). Die verworfenen Fahrten sollten zwecks Kontrolle gesondert ausgewiesen bzw. angezeigt werden.

Grundsätzlich gilt, dass die Zähldaten in einer reproduzierbaren Art und Weise gewonnen werden müssen. Dabei ist sicherzustellen, dass alle unmittelbar auf die Generierung der Zähldaten wirkenden Parameter in manipulationssicherer Weise mit diesen verknüpft sind.

11 Hochrechnung

11.1 Schichtgebundene Hochrechung aus Stichprobe

Ermittelt wird die mittlere Zahl der beförderten Personen je Fahrt P_m auf Grundlage einer Zufallsstichprobe mit dem Auswahlsatz c.

Hochgerechnet wird auf die Gesamtzahl P der beförderten Personen im Erhebungszeitraum nach der Beziehung

$$P = P_m \cdot F(a) = P_m \cdot \left(\frac{n}{c}\right) \qquad \textbf{(6)}$$

d. h. durch Multiplikation des Mittelwertes der gezählten Personen P_m mit der Anzahl der Fahrten im Erhebungszeitraum F(a) bzw. mit dem entsprechenden Quotienten n / c. Der Auswahlsatz c ist das Verhältnis der Anzahl der Zählfahrten n zur Anzahl der Fahrten im Erhebungszeitraum F(a).

Wird die Probe geschichtet, so ist nach diesem Prinzip zunächst **schichtweise** hochzurechnen. Anschließend sind die Schichtwerte zu addieren.

11.2 Hochrechnung aufgrund des Leistungsblockverfahrens

In 11.1 wird skizziert, dass die Gesamtzahl der beförderten Personen[13] schichtweise aus dem Produkt des Mittelwerts der Einsteiger pro Erhebungsfahrt und der Zahl der Kurs- und Zugfahrten der Grundgesamtheiten hochzurechnen ist. Dieser Ansatz setzt damit zwingend voraus, dass jede Erhebungsfahrt Angaben für alle Einsteiger in allen beteiligten Fahrzeugen an allen Halten liefert.

Wie bereits erläutert, ist im Falle des Leistungsblockverfahrens diese Annahme nicht erfüllt. Vielmehr ist zunächst die Zugfahrt in einzelne Wagenfahrten zu gliedern und diese zu Leistungsblöcken (identischer Zugbildung) zusammenzufassen. Damit reicht der Fahrplan (also die Menge aller Fahrten) nicht mehr als einzige Information über die Grundgesamtheit des Angebots aus. Zur erwartungstreuen Schätzung der Gesamtnachfrage aus Zählergebnissen einzelner Wagen auf einzelnen Fahrtabschnitten ist damit die Kenntnis aller tatsächlichen Fahrzeugeinsätze zwingend erforderlich. Derartige Informationen liegen im Schienenverkehr in der Regel aus anderen Gründen ohnehin vor.

Bei analoger Erweiterung dieser Nomenklatur bezeichnet

- i: den Fahrtabschnitt
- W_i(a:) die Zahl der auf dem Abschnitt im Erhebungszeitraum eingesetzten Wagen
- $P_{mi:}$ Mittelwert der gezählten Einsteiger pro Wagenfahrt auf dem Abschnitt i.

[13] Wie in allen reinen Zählungen sind hier die beförderten Personen im Sinne von Linien- oder Zugbeförderungsfällen unter der Annahme, dass ein Fahrgast auf einer Linie/Zug nicht umsteigt, zu verstehen. Dann entspricht diese Größe der Zahl der Einsteiger.

So gilt dann

$$P = \sum_i P_{mi} \cdot W_i(a) \qquad \textbf{(7)}$$

Auch hier sind alle Angaben zusätzlich nach Schichten zu unterscheiden. Ggf. ist auch nach Wagen gleicher Klasse oder Wagen mit gleichen Besetzungsgraden zu unterscheiden.

Aus dieser grundsätzlichen Struktur wird unmittelbar erkennbar, dass ohne weitere Aktionen der Schätzwert der Gesamtnachfrage systematisch unterschätzt wird, wenn nicht für allxe Kombinationen aus Abschnitten und Schichten tatsächlich Zählwerte (P_{mi}) vorliegen. Wenn auch der Prozess des Messfahrtenmonitorings diese Gefahr ggf. durch gezielte Messfahrtendisposition mindert, so kann in praktischen Anwendungen dieser Fall insbesondere bei kurzen Erhebungszeiträumen nicht ausgeschlossen werden.

Das zu realisierende Hochrechnungsverfahren muss daher zwingend geeignete Maßnahmen (z. B. Clusterung von Abschnitten oder Imputationsverfahren) vorsehen.

Über die reine Ermittlung der Zahl der Beförderungsfälle je Schicht[14] hinaus werden – insbesondere im Schienenverkehr – Schätzwerte für die

— Einsteiger je Halt

— Aussteiger je Halt

— Besetzung bzw. Verkehrsleistung je Abschnitt

für jede einzelne Kombination aus Zugnummer und Wochentagsgruppe benötigt. Die Ermittlung derartiger Schätzwerte gelingt jedoch nur, wenn inhaltliche Konsistenzbedingungen zwischen Vorbesetzung, Ein- und Aussteigern sowie Nachbesetzung auch in den Zähldaten erfüllt sind. Dies wird zwar durch die beschriebenen Korrektur- und Ausgleichsverfahren (vgl. 8) für jedes einzelne Fahrzeug gesichert, nicht jedoch für die Verbindung von Leistungsblöcken einer Zugfahrt, die aus verschiedenen Erhebungstagen[15] stammen. Hier ist davon auszugehen, dass die Realisierungen der Verkehrsnachfrage zufallsbedingt schwanken und die Konsistenzbedingungen an Halten mit Leistungsblockwechseln verletzt sind. Vor entsprechender Hochrechnung sind hier die Zählergebnisse zunächst konsistent anzugleichen.

Dabei ist zu entscheiden, welches der beiden Merkmale

— Bahnhofsbelastung (Ein- und Aussteiger) oder

— Verkehrsleistung

aus den Zähldaten übernommen und welches Merkmal angepasst werden soll. Dafür sind Regeln zu vereinbaren, die eine systematische Verfälschung der Ergebnisse verhindern.

Schließlich ist ein Kennzeichen variabler Zugbildung, dass sich das Platzangebot während des Zuglaufes ändert und Fahrzeuge auch mit Fahrgästen zu anderen Zugnummern wechseln (Flügeln und Durchbindung). Dies bedeutet, dass eine Zugfahrt an einem Bahnhof Fahrgäste gewinnen

[14] Oft sind dies die Kombinationen aus Linie, Tageszeitlagen und Wochentagsgruppen oder im Schienenverkehr aus Zugnummer und Wochentagsgruppen.

[15] Der identischen Schicht.

oder verlieren kann, ohne dass physisch Ein- oder Aussteigevorgänge, die an Außentüren durch AFZ-Geräte gezählt werden könnten, stattfinden.

11.3 Hochrechnung aufgrund Wagenkonzept

Der Betrieb des Wagenkonzeptes, d. h. die Ausrüstung einzelner Wagen eines Zählzuges und die Möglichkeit des Fahrgastwechsels über Wagenübergangstüren auch während der Fahrt, setzt zwingend den Einsatz des Leistungsblockverfahrens voraus. Alle dafür genannten Anpassungen und Forderungen gelten im Wagenkonzept in gleicher Weise.

Zusätzlich ist beim Wagenkonzept der Saldo der Fahrgastbewegungen über die Wagenübergangstüren zu berücksichtigen. Er beeinflusst sowohl die für einen Fahrtabschnitt ausgewiesene Besetzung, als auch die für Haltepunkte ausgewiesene Bahnhofsbelastung. Bezugspunkt für die Besetzung auf einem Fahrtabschnitt ist dabei die zeitliche Mitte zwischen Beginn und Ende des Abschnitts, d. h. während der Fahrphase sind zwei zeitlich aufeinander folgende Saldowerte zu unterscheiden.

Zusätzlich sind die durch Außentüren gezählten Ein- und Aussteiger am Halt durch die Wagenübergangstürsalden vor dem Halt, am Halt und nach dem Halt jeweils getrennt zu korrigieren. So führt ein positiver Saldo an den Wagenübergangstüren während der Haltephase zu einer entsprechenden Erhöhung der Einsteiger, ein negativer Saldo zu einer betragsmäßig entsprechenden Erhöhung der Aussteiger.

Die Fahrgastbewegung vor dem Haltebahnhof ist funktional eher mit dem Ausstiegsverhalten verknüpft (z. B. Vorbereiten des Aussteigens, frühzeitiges Verlassen des Wagens), die Fahrgastbewegung nach dem Haltebahnhof eher mit dem Einstiegsverhalten (z. B. Suchen eines Sitzplatzes). Als Konsequenz daraus

— ist während der Fahrphase die Fahrgastbewegung durch Wagenübergangstüren getrennt für den Abschnitt (2. Hälfte) vor dem Haltebahnhof und den Abschnitt (1. Hälfte) nach dem Haltebahnhof jeweils als eigener Saldo zu betrachten

— führt der Saldo vor dem Haltebahnhof vorrangig zu einer Anpassung der Aussteiger (ein positiver Saldo *verringert* die *Aussteiger*, ein negativer Saldo *erhöht* die *Aussteiger*)

— führt der Saldo nach dem Haltebahnhof vorrangig zu einer Anpassung der *Einsteiger* (ein positiver Saldo *erhöht* die *Einsteiger*, ein negativer Saldo *verringert* die *Einsteiger*).

Für die Fahrphase wird also nicht eine betragsmäßig minimale Korrektur angestrebt, sondern eine Anpassung aufgrund der verschiedenen Funktionen der Abschnitte vor und nach dem Haltebahnhof. Eine Anpassung der Bahnhofsbelastung je nach Vorzeichen der Salden nach oben und auch nach unten verhindert im Mittel eine Überschätzung der Bahnhofsbelastung.

Die durch das Wort **vorrangig** formulierte Einschränkung bezieht sich darauf, dass in Fällen, in denen ein Saldo die Einsteiger bzw. Aussteiger an Außentüren betragsmäßig übersteigt, die Anpassung so nicht immer möglich ist.

12 Anlage 1: Checkliste Qualitätsmanagement laufender Betrieb AFZS

Bereich	Arbeitsschritt / Inhalt / Qualitätsparameter	Häufigkeit / Periodizität					Maßnahmen bei Nichteinhaltung / Nichterreichung
		werktäglich	wöchentlich	monatlich	nach Plan	ereignis-bezogen	
Fahrplandatenversorgung und -management	- Prüfung Vollständigkeit und Aktualität Fahrplandaten (z. B. in der Datenmanagementsoftware)	(X)[1]				X	Fahrplandatenversorgung (über Import möglichst ohne nachträgliche manuelle Änderungen in entsprechende Datenmanagementsoftware) über die jeweils projektspezifische Variante (Vollimport oder differentieller Import)
	- Prüfung Konsistenz und Vollständigkeit Fahrplandatenübernahme in eine Datenmanagementsoftware (z. B. Auswertung Ergebnisse Logdateien o.ä.)	(X)[1]				X	- manuelle Nachpflege in Datenmanagementsoftware falls erforderlich unter der Bedingung einer nachprüfbaren Protokollierung (mit Angaben zum Datensatz, Änderung, Bearbeiter, Datum) - Abstimmung mit Verkehrs-/Fahrplanung und ggf. Neuübergabe Fahrplandaten wenn erforderlich
	- Prüfung Vollständigkeit und Aktualität Fahrplandaten Auswertungssoftware	(X)[1]				X	Fahrplandatenversorgung (über Import möglichst ohne nachträgliche manuelle Änderungen in die entsprechende Auswertungssoftware) über die jeweils projektspezifische Variante (Vollimport oder differentieller Import)
	- Prüfung Konsistenz und Vollständigkeit Fahrplandatenübernahme Auswertungssoftware	(X)[1]				X	- manuelle Nachpflege in Auswertungssoftware falls erforderlich unter der Bedingung einer nachprüfbaren Protokollierung (mit Angaben zum Datensatz, Änderung, Bearbeiter, Datum) - Abstimmung mit Verkehrs-/Fahrplanung und ggf. Neuübergabe Fahrplandaten wenn erforderlich
Vorbereitung Zählperioden bei Einsatz Stichproben- und Messfahrtenplanungsprogramm	- Prüfung Stichprobenplanung, -umfang und -verteilung				X		- Aktualisierung Parameter Erhebungsperiode (z. B. Zeitraum, statistische Parameter, Streuung, Schichtung usw.) - bei Verbundvorgaben: Übernahme Daten des Verbundes zur Einrichtung der Zählperiode
	- Prüfung/Aktualisierung Messfahrtenplanung	X[2]	X[2]		X		- Erzeugung Vorgaben für Fahrzeugeinsatz AFZ-Fahrzeuge (Umlaufliste o.ä.)

Bereich	Arbeitsschritt / Inhalt / Qualitätsparameter	Häufigkeit / Periodizität					Maßnahmen bei Nichteinhaltung / Nichterreichung
		werktäglich	wöchentlich	monatlich	nach Plan	ereignis-bezogen	
							- Anpassung Parameter für Abbildung betrieblicher Rahmenbedingungen (Fahrzeugverfügbarkeit, Umlaufverknüpfungen, Betriebshofwechsel usw.)
	- Übergabe der Vorgaben an Fahrzeugdisposition i.w.S. (z. B. systemintern durch Berechtigungsvergabe Zugriffe der Disponenten, systemextern bspw. durch Listenausdrucke oder Schnittstelle vom Messfahrtenplanungsprogramm zum Betriebshofmanagementsystem/Fahrzeugeinsatzplanung)		X[2]		X		- Sicherstellung der Umsetzung der Vorgaben durch rechtzeitige Vorplanung, Anpassung der Parameter für betriebliche Rahmenbedingungen und Abstimmungen - Nutzung von Ablaufplänen/-diagrammen und Dienstanweisungen (häufiger Personalwechsel durch Schichtbetrieb) - Vertragsregelungen bei Subunternehmern
	- Prüfung Erreichbarkeit Stichprobe anhand des Prognoseergebnisses zu Beginn der Zählperiode (Zeitpunkt der Stichprobenerfüllung je Schicht)				X		- ggf. Änderung der Parameter und Einstellungen - Anpassung Zählperiode (bspw. Verlängerung, Fehlerbereich usw. - mittelfristig: Anpassung des Ausstattungsgrades
Fahrzeugeinsatz	- laufende Disposition der AFZ-Fahrzeuge nach Vorgaben	(X) (tgl.)	X[2]		X		- Sicherstellung der Umsetzung der Vorgaben durch rechtzeitige Vorplanung, Anpassung der Parameter für betriebliche Rahmenbedingungen und Abstimmungen - Nutzung von Ablaufplänen/-diagrammen und Dienstanweisungen (häufiger Personalwechsel durch Schichtbetrieb) - Vertragsregelungen bei Subunternehmern
Fahrzeugebene/Werkstatt	- Schulung Werkstattpersonal (Handbücher und Schulungsunterlagen in der Unternehmenssprache, z. B. Deutsch, Englisch)				X		- Dienstanweisungen - Integration in regelmäßigen Dienstunterricht - bei Subunternehmern: Aufnahme in Vertragsregelungen

Bereich	Arbeitsschritt / Inhalt / Qualitätsparameter	Häufigkeit / Periodizität					Maßnahmen bei Nichteinhaltung / Nichterreichung
		werktäglich	wöchentlich	monatlich	nach Plan	ereignis-bezogen	
	- Erstellung von Wartungsvorgaben auf Basis der Wartungsempfehlungen des Herstellers und Überprüfung der Einhaltung der Vorgaben - Regelmäßige Berichte der Werkstatt über die Erfüllung der Wartungsvorgaben (Nutzung Checklisten) und Rückmeldung an AFZ-Manager - Für die qualifizierte Wartung sind die vom AFZ-Hersteller bereitgestellten Einrichtungen zu verwenden				X		- Auslösen von Reparaturaufträgen bei Defekten - Aufträge an Hersteller zur Fehlerdiagnose, Reparatur, Ersatzteillieferung o.ä. - Priorisierung Instandsetzung von AFZ-Fahrzeugen wenn sonst Erfüllung der Stichprobe gefährdet ist - Sperren von Daten, die mit fehlerhaften AFZ-Fahrzeugen erzeugt werden - bei längerfristigen Defekten möglichst AFZ-Fahrzeug aus Messfahrtenplanung herausnehmen (z. B. Reduzierung Anzahl verfügbarer AFZ-Fahrzeuge)
	- Fernwartung Software am Bordrechner ermöglichen - Fehlerdiagnose / Troubleshooting - Onlineüberwachung					X	- Auslösen von Reparaturaufträgen bei Defekten - Aufträge an Hersteller zur Fehlerdiagnose, Reparatur, Ersatzteillieferung o.ä.
	- Einstellung von Parametern zur Überwachung des AFZ-Systems on board mit automatischer Meldung an HGS z. B. --> keine Zählereignisse bei Türöffnung über einen parametrierbaren Zeitraum (z. B. Anzahl von Halten mit geöffneter Tür oder ein Tag) --> Tür offen während der Fahrt				X		- Rückmeldung Werkstatt zur Übersicht der eingestellten Parameter (Screenshot, Parameterdatei o.ä.)
	- Automatische Meldung aus dem Fahrzeug an AFZ-Datenmanagementsoftware oder Drittsysteme / Werkstatt					X	- Auslösen von Reparaturaufträgen bei Defekten - Aufträge an Hersteller zur Fehlerdiagnose, Reparatur, Ersatzteillieferung o.ä.
	- Überwachung im Hintergrundsystem, wenn dort die entsprechenden Detailinformationen zur Verfügung stehen		X				- Auslösen von Reparaturaufträgen bei Defekten - Aufträge an Hersteller zur Fehlerdiagnose, Reparatur, Ersatzteillieferung o.ä.

Bereich	Arbeitsschritt / Inhalt / Qualitätsparameter	Häufigkeit / Periodizität					Maßnahmen bei Nichteinhaltung / Nichterreichung
		werktäglich	wöchentlich	monatlich	nach Plan	ereignis-bezogen	
	- Nutzung von Möglichkeiten prädikativer Instandhaltung				X		- Aufträge an Hersteller zur Fehlerdiagnose, Reparatur, Ersatzteillieferung o.ä.
	- Rückmeldung der Werkstatt an den AFZ-Datenmanager hinsichtlich Abschluss der Reparatur					X	- Aufträge an Hersteller zur Fehlerdiagnose, Reparatur, Ersatzteillieferung o.ä.
	- Serviceschnittstelle im Fahrzeug (AFZ einsatzbereit ja / nein)	X					- Meldung an Werkstatt --> Auslösung Prüfauftrag Werkstatt
Überwachung Rohdaten/ Datenübertragung	- Rohdatenversand aus Fahrzeug – Ja/nein (Parametrierbarkeit der Fehleranzeige)	X					- Prüfung Fehlermeldungen des Fahrzeugs sowie Werkstattberichte - Prüfung Datenübertragungsweg (z. B. FTP-Server, interne Skripte und Scheduler) - Prüfung DFÜ-Technik im Fahrzeug durch Werkstatt - Reparaturauftrag an Werkstatt
	- Prüfung Vollständigkeit der Rohdaten: Rohdatenstrom eines Fahrzeugs vollständig? (ja/nein) – Anzeige von Unterbrechungen - Anzeige des Ergebnisses in Übersicht in Datenmanagementsoftware - Abgleich Einsatz der Zählfahrzeuge zu gelieferte Zähldaten (d.h. waren AFZ-Fahrzeuge eingesetzt, so müssten auch Zähldaten eingegangen sein), ggf. auch fahrtscharf	X					- Prüfung Fehlermeldungen des Fahrzeugs sowie Werkstattberichte - Prüfung Datenübertragungsweg (z. B. FTP-Server, interne Skripte und Scheduler) - Prüfung DFÜ-Technik im Fahrzeug durch Werkstatt - Reparaturauftrag an Werkstatt
	- Rohdatenprüfung 1. Konsistenz-Prüfung des Datenformates (ja/nein, Fehler anzeigen) 2. Technische Fehler – Ja/Nein-Kriterien o Sensor defekt o Sensor abgedeckt	X					- Prüfung Rohdaten in Datenmanagementsoftware (Wiederholung, Auffälligkeiten) - Eigendiagnose anhand Systemhandbuch --> Auftrag an Werkstatt zur Reparatur/Diagnose - Auftrag an Hersteller zur Reparatur/Ersatzteiltausch - Sperren von Daten, die mit fehlerhaften AFZ-Fahrzeugen erzeugt werden

Bereich	Arbeitsschritt / Inhalt / Qualitätsparameter	Häufigkeit / Periodizität					Maßnahmen bei Nichteinhaltung / Nichterreichung
		werktäglich	wöchentlich	monatlich	nach Plan	ereignis-bezogen	
	o Bordrechner defekt o Modem / Simkarte defekt o S. 15.2.4.2 o Fahrsignal (Tachosignal, Wegimpuls, GPS) o Türfreigabesignal o Türöffnungssignal o GPS-Signal o Störungen der AFZS-Komponenten (z. B. Fehlermeldungen der Türeinheit bestehend aus Analysator und Sensoren)						- bei längerfristigen Defekten möglichst AFZ-Fahrzeug aus Messfahrtenplanung herausnehmen (z. B. Reduzierung Anzahl verfügbarer AFZ-Fahrzeuge)
	- Rohdaten für Weiterverarbeitung sperren bei technischen Fehlern - Einstellung dafür benötigter Parameter	X				X	
Überwachung Transformation / Saldenausgleich	- Ermittlung Zuordnungsgüte: Anzahl zuordenbarer Halte mit Türöffnung zu Anzahl aller Halte mit Türöffnung	(X)[3]	X				- Kontrolle Transformationsprotokoll - Nutzung Analyse-Funktionen in Datenmanagementsoftware - Kontrolle und ggf. Änderung GPS-Zuordnung der Haltestellen (großräumige Haltestellenverlegung) - Kontrolle Transformationsparameter (zeitliche und geographische Ortung) - Kontrolle Aktualität Fahrplandaten (v.a. Umleitung)
	- Ermittlung Zählgüte der Rohdaten je Fahrzeug: Ein-/Aussteiger-Abgleich je Fahrt (Summe der Einsteiger minus Summe der Aussteiger / Summe der Ein- und Aussteiger, Staffelung nach Anzahl der Einsteiger, entsprechend Saldenausgleich (8.1)	(X)[3]	X				- Prüfung Zählfahrten --> Haltestellenabfolge - Neutransformation mit geänderten Parametern - Sitzenbleiberkennzeichnung i.O.? - Prüfung auf mögliche Messfehler (in Verbindung mit anderen Parametern) - Technische Probleme (Prüfung Fehlermeldungen Fahrzeug)?

Bereich	Arbeitsschritt / Inhalt / Qualitätsparameter	Häufigkeit / Periodizität					Maßnahmen bei Nichteinhaltung / Nichterreichung
		werktäglich	wöchentlich	monatlich	nach Plan	ereignis-bezogen	
							- Korrektur und Neutransformation - bei technischen Gründen Sperren der Daten für Weiterverarbeitung und Info an Werkstatt
	- Prüfung Zählgüte über aggregierte Bezugsmerkmale (Zeitraum, Fahrzeuge o.ä.): Summe aller Einsteiger minus Summe aller Aussteiger / Summe der Aussteiger je Monat	(X)[3]		X			- Prüfung der Entwicklung - Auftrag an Werkstatt zur Diagnose bei Verschlechterung - manuelle Vergleichszählungen zur Ursachenfindung
	- Prüfung Zählgüte: unplausible Extremwerte, Maximalbesetzung (z. B. X % Besetzung als Warnung)	(X)[3]	X				- Prüfung Häufigkeit der Extremwerte - Rücksprache mit Verkehrsplanung zur Plausibilitätsprüfung (z. B. Großveranstaltung) - Auftrag an Werkstatt zur Diagnose bei Verschlechterung - manuelle Vergleichszählungen zur Ursachenfindung
	- Prüfung der Transformationsquote	(X)[3]	X				- Ermittlung systematischer Ausfälle von Zähldaten auf Planfahrten differenziert nach den eingestellten Kriterien (z. B. Ortung), - Neueinstellung der Transformationsparameter, Durchführung erneuter Transformation, erneute Prüfung - ggf. Definition geeigneter Sets an Konfigurationsparametern für bestimmte Anwendungsfälle - Prüfung der Fahrplandaten auf Richtigkeit, ggf. Korrekturen (siehe Fahrplandatenversorgung und –management) und Neutransformation
	- Import und Verarbeitung von Ist-Einsatzdaten nach VDV 457-4 (Ist-Fahrplandaten, Dispositionsdaten, Behängung usw.)	(X)[1]	X				- Rücksprache mit Fahrzeugeinsatzplanung - ggf. Korrektur Messfahrtenplanvorgabe - ggf. Korrektur Stichprobenplanung (Schichtung) z. B. bei Änderung Behängung im Wagenkonzept

Bereich	Arbeitsschritt / Inhalt / Qualitätsparameter	Häufigkeit / Periodizität					Maßnahmen bei Nichteinhaltung / Nichterreichung
		werktäglich	wöchentlich	monatlich	nach Plan	ereignis-bezogen	
	- Plausibilitätsprüfung (Wagen im Zug): Sicherstellung nicht-geschlossene Erhebungsräume müssen erkannt werden. Dies ist der Fall, wenn Fahrgäste den Raum verlassen oder betreten können, ohne gezählt werden zu können. Ebenso muss sichergestellt werden, dass für alle Wagen mit Fahrgastwechsel Ein- und Aussteiger gezählt werden. - Einstellung und Prüfung der entsprechenden Parameter	(X)[1]	X				- Prüfung korrekter Import der Ist-Einsatzdaten (falls vorhanden) - Rücksprache mit Einsatzplanung zur Plausibilitätsprüfung (z. B. Änderung der Behängung) - Auftrag an Werkstatt zur Diagnose bei Verschlechterung - manuelle Vergleichszählungen zur Ursachenfindung
	- Durchführung des Saldenausgleichs und automatische Prüfung, ob Summe der Einsteiger und Summe der Aussteiger in der Fahrt(kette) gleich sind - Prüfung der Ermittlung der sich daraus abgeleiteten Gütemaße - Saldenausgleich: Anzeige Fahrt(ketten) / Tage / Fahrzeuge mit besonders großen Abweichungen	(X)[3]	X				- Prüfung Kennzeichnung von Liniendurchbindungen ("Sitzenbleiber") und ggf. Anpassung - Prüfung der Entwicklung - Auftrag an Werkstatt zur Diagnose bei Verschlechterung - manuelle Vergleichszählungen zur Ursachenfindung
	- Dokumentation von Abweichungen (z. B. fehlende GPS-Koordinaten, Anteil zugeordneter Haltestellen)	(X)[3]	X				- Prüfung der Entwicklung - Auftrag an Werkstatt zur Diagnose bei Verschlechterung - manuelle Vergleichszählungen zur Ursachenfindung
Steuerung und Kontrolle einer Disposition der Messfahrtenplanung bzw. Fahrzeugeinsatzplan (Monitoring)	- Erfassung des tatsächlichen AFZ-Fahrzeugeinsatzes im Fahrzeugeinsatzplanungsprogramm mit Schnittstelle zum Messfahrtenplanungsprogramm bzw. direkte Erfassung im Messfahrtenplanungsprogramm - Dokumentation von Abweisungen der Vorgabe mit Begründung		X				- Sicherstellung der Durchführung durch Integration in laufende Dienstaufgaben bei Disponenten - Rückmeldung an AFZ-Manager bei Nichtdurchführung bzw. fehlender Aktualität der Vorgaben
	Prüfung der Stichprobenerfüllung: - Erreichung Stichprobenumfang insgesamt – erreicht Ja/nein? - Erfüllung der disponierten Stichprobe in den Schichten?	(X)[3]	X	X			- Nur eine oder nur sehr wenige Schichten nicht erfüllt? --> ggf. mit vorhander Vorgabe weiterarbeiten und Handzählung für betroffene Fahrten organisieren (oder Einsatz Reserve-AFZ über freie Dispo)

Bereich	Arbeitsschritt / Inhalt / Qualitätsparameter	Häufigkeit / Periodizität					Maßnahmen bei Nichteinhaltung / Nichterreichung
		werktäglich	wöchentlich	monatlich	nach Plan	ereignis-bezogen	
	- Empfehlung: mindestens monatliche Überprüfung der Stichprobenerfüllung („Ampel“: erfüllt – noch erfüllbar – nicht mehr erfüllbar)						- Prüfung korrekte und vollständige Transformation in Datenmanagementsoftware und erfolgreiche Übergabe an Auswertungssystem / Messfahrtenplanungssystem (ggf. zusätzliche Übergabe aus Vorsystem) - Prüfung Umstellung auf ein Bewertungsverfahren
	Ermittlung von Parametern zur Steuerung des AFZ-Einsatzes - Abweisungsquote (Anteil der abgewiesenen Umläufe / Fahrten an der Gesamtzahl der vorgegebenen Umläufe /Fahrten) - Überprüfung des Anteils der nichtvorgegebenen Fahrten bei der Anwendung einer gezielten Disposition von AFZ-Fahrzeugen				X		- Analyse der Ursachen der Abweichungen - Änderung der Betriebshofzuordnung - Änderungen der Abläufe bei Fahrzeugbereitstellung - Bevorzugung Reparaturen AFZ-Fahrzeuge bei häufigem Ausfall durch technischen Defekt - ggf. Erhöhung Ausstattungsgrad
Hochrechnung	Durchführung der Hochrechnung - Ermittlung Stichprobenfehler auf entsprechender Aggregationsebene je nach Anwendungsfall - Ermittlung Konfidenzintervall und Prüfung Einhaltung der Vorgaben				X		- Nutzung statistische Parameter der Hochrechnung zur Optimierung der Stichprobenplanung für Folgeperioden - bei Nichterreichung der Vorgaben ggf. Erhöhung der Stichprobe oder Änderung der Schichtung durch Optimierungsverfahren mit dem Ziel der Verringerung der Streuung und damit des Stichprobenfehlers (für laufende oder künftige Erhebungsperioden)
Vergleichszählungen als Teil der Qualitätssicherung	- Anlassbezogen und Fahrzeugbezogen nach Fehlermeldungen und Unplausibilitäten - Systemseitige Prüfung: abhängig vom Alter des AFZ und bei Nichteinhaltung einer festgelegten Zählgüte - Wenn die Zählgüte x (nur Abbildung Verhältnis Einsteiger zu Aussteiger) in einem Zeitraum y mal unterschritten wird, sind				(X)	X	- zunächst technische Prüfung der AFZ-Fahrzeuge - Einleitung von Maßnahmen in Form von technischen Anpassungen (z. B. Sensortausch aufgrund Alterung, Kabelsätze tauschen o.ä.) ggf. begleitet von punktuellen Zählungen - anschließend Durchführung neuer Vergleichszählungen gemäß Stichprobenplan VDV 457 (unter Berücksichtigung wirtschaftlicher Gesichtspunkte) je nach den jeweiligen

Bereich	Arbeitsschritt / Inhalt / Qualitätsparameter	Häufigkeit / Periodizität					Maßnahmen bei Nichteinhaltung / Nichterreichung
		werktäglich	wöchentlich	monatlich	nach Plan	ereignis-bezogen	
	Maßnahmen durchzuführen, um die Zählgenauigkeit zu verbessern. Hierzu ist die Zählgenauigkeit mit neuen Vergleichszählungen gemäß VDV-Schrift nachzuweisen						vertraglichen Regelungen (Verkehrsverträge, EAV, interne Richtlinien)
Workshops Qualitätsmanagement operativer Betrieb AFZ	- Vermittlung Hintergrundwissen und Verständnis für Wichtigkeit der Aufgaben - Strukturierung von Aufgabenbereichen und Zuordnung zu Mitarbeitern / Abteilungen im Unternehmen - Aufstellung von Struktogrammen ("Ereignisbaum")				(X)	X	- regelmäßige Wiederholung von Workshops zur --> Abstimmung von Maßnahmen zur Behebung von Qualitätsproblemen, --> Optimierung von Qualitätsparametern, --> Gegensteuerung bei Fehlentwicklungen und --> Input für laufende Weiterentwicklung der Hard- und Software

1 = bei Fahrplandatenaktualisierung mehr als 1x pro Woche empfiehlt sich automatischer Fahrplandatenimport über Scheduler und automatische Kontrolle
2 = bei häufiger Fahrplandatenaktualisierung ggf. auch täglich/wöchentlich
3 = in Abhängigkeit projektspezifischer Rahmenbedingungen ggf. auch (werk)täglich; bei Prüfung Stichprobenerfüllung auch in Abhängigkeit der definierten Zählperiode
Hinweis: Im gesamten Ablauf der Bearbeitung der Aufgaben bzw. Einzelpunkte der Checkliste sollten bei der Projektumsetzung im Vorfeld projektspezifische Sonderfälle analysiert und in der Checkliste für das Qualitätsmanagement entsprechend berücksichtigt werden, um auch bei komplexeren Rahmenbedingungen erwartungstreue Schätzwerte der Nachfrage zu erhalten (z. B. Bedienung einer Linie durch zwei Unternehmen mit unterschiedlichen AFZ-Systemen).

13 Anlage 2: Regelkatalog zur Prüfung und Testierung der Messgenauigkeit

13.1 Manuelle Vergleichszählung

13.1.1 Stichprobenplanung mit dem Äquivalenztest

Die Stichprobe für die manuelle Vergleichszählung zur Testierung der Messgenauigkeit von AFZS, insbesondere zum Nachweis der statistischen Unverzerrtheit auf Basis des Äquivalenztests ist gemäß Formel (1) unter Annahme einer unendlichen Grundgesamtheit und unter Berücksichtigung des Fehlers 2. Art bzw. der statistischen Power auf der Grundlage von Haltestellentürereignissen zu planen.

$$n \geq \left(z_{1-\frac{\alpha}{2}} + z_{1-\frac{\beta}{2}}\right)^2 \left(\frac{v}{\Delta}\right)^2 = n_e \qquad \textbf{(8a)}$$

Die Größen der Formel sind:

n: Stichprobenumfang (Anzahl der Haltestellentürereignisse)

v: Standardabweichung

α: Fehler 1. Art (auch Anwenderrisiko)

1- α: Signifikanzniveau des Äquivalenztests β: Fehler 2. Art (des Äquivalenztests; auch Herstellerrisiko)

1-β: Statistische Power

$z_{\left(1-\frac{\alpha}{2}\right)}$: $(1-\frac{\alpha}{2})$- Quantil der Standardnormalverteilung

$z_{\left(1-\frac{\beta}{2}\right)}$: $(1-\frac{\beta}{2})$- Quantil der Standardnormalverteilung

Δ: Zulässige Abweichung des Erwartungswertes von 0 (auch als Verzerrung bezeichnet)

Es ist bei Maßgabe der unveränderten Einhaltung des Anwenderrisikos in Höhe von 5 % bzw. 0,05 zulässig, dass der AFZS-Hersteller auf Basis eines hinreichend gesicherten empirischen Nachweises aus Referenzprojekten mit seinem Angebot erklären kann, dass die Standardabweichung des relativen Messfehlers je Haltestellentürereignis des angebotenen AFZS geringer als die gemäß VDV-empfohlene Größe mit v = 20 % bzw. 0,2 ist und sich damit – zugleich als Kriterium der Wirtschaftlichkeit des Gesamtangebotes - die Fallzahl der Vergleichszählung und der damit verbundene Aufwand entsprechend des Wertes der Standardabweichung verringert.

Für den Fall, dass sich im Ergebnis der Vergleichszählung ergibt, dass auf Grund der in der Vergleichszählung tatsächlich realisierten größeren Standardabweichung des relativen Messfehlers je Haltestellentürereignis der Test zum Nachweis der statistischen Unverzerrtheit nicht bestanden werden kann und die vom Anbieter zugesagte Standardabweichung nicht realisiert werden konnten, bestehen folgende Handlungsoptionen, die zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer vor Beauftragungen verbindlich zu vereinbaren sind.

Option A Für den Fall, dass im Ergebnis der Vergleichszählung auf Basis der sich aus der angebotenen Größe der Standardabweichung mathematisch-statistisch berechneten Fallzahl HTE weder ein Nachweis zur Einhaltung der angebotenen Größe der Standardabweichung, die der Fallzahlplanung zugrunde gelegt wurde, noch zur Einhaltung der Genauigkeit in Höhe von 99 % vorgelegt werden kann und damit der Äquivalenztest nicht bestanden werden kann, ist die Vergleichszählung auf Basis der regulären Fallzahlplanung mit v = 20 % auf Kosten des AFZS-Anbieter zu wiederholen.

Option B Es wird empfohlen auch die Fallzahl auch für die Standardabweichung v = 20 % bzw. 0,2 aufzuzeichnen. Dann ergibt sich für den Fall, dass aus der Vergleichszählung auf Basis der angebotenen Größe der Standardabweichung die Einhaltung der Genauigkeit in Höhe von 99 % nachgewiesen wird und nur die zugesagte geringere Größe der Standardabweichung nicht eingehalten werden konnte, die Möglichkeit, dass der AFZS-Hersteller die Erhebung und Auswertung der restlichen HTE bis zur statistisch notwendigen Größe von 6.147 HTE auf eigene Kosten zu übernehmen hat und damit eine neue vollständige Vergleichszählung nicht erforderlich wird.

Für beide Optionen gilt, dass pro gutachterlicher Abnahme ein statistischer Test (Äquivalenztest bzw. Partitionierter Äquivalenztest) nur genau einmal durchgeführt wird. Es ist jedoch möglich, zu einem vorab vereinbarten Vergleichszählungsumfang die Standardabweichung des Messfehlers einzeln zu erfassen, um darüber zu entscheiden, ob ein Test vorzeitig durchgeführt werden kann oder es notwendig ist, den vollen Stichprobenumfang zu erfassen.

13.1.2 Erläuterungen und Empfehlungen zur Paramterwahl Äquivalenztest

Zu den Kenngrößen der Formel zur Bestimmung der Stichprobengröße der manuellen Vergleichszählung für eine Anwendung auf Basis des **Äquivalenztest** ergeben sich die nachstehenden Hinweise und Vorgaben.

Parameter	Erläuterung
n:	Diese Größe steht für die Anzahl der mindestens in der manuellen Vergleichszählung zu erfassenden Haltestellentürereignisse. Die Vergleichszählung ist auf einen Zeitraum zu beziehen, indem alle Tagesarten und Zeitklassen sowie betrieblichen Zustände hinreichend erfasst und damit die möglichen räumlichen und zeitlichen Diversifizierungen der Verkehrsnachfrage hinreichend abgebildet werden können.
v:	Die Größe v kommt als Streuung der relativen Messfehler je Haltestellentürereignis zur Anwendung. Hier wird auf Basis von empirischen Daten ein Wertebereich von v = 20 % bzw. 0,2 bis v = 25 % bzw. 0,25 empfohlen. Die tatsächliche Größe muss auf Basis von vorherigen Messungen bzw. Vergleichsdaten festgelegt und nach der Auswertung nochmals geprüft werden. Im Rahmen der Ausschreibungen sind die Hersteller aufzufordern, für die Stichprobenplanung der Vergleichszählung empirisch gesicherte Werte zur Maßzahl v zu übergeben.
α:	Fehler 1. Art (bei Verwendung des Äquivalenztest das Risiko des Anwenders) sollte mit einer Größe von **α = 5 % bzw. 0,05** angesetzt werden.

Parameter	**Erläuterung**
1- α:	Maß für die Wahrscheinlichkeit, dass ein Fehler 1. Art nicht begangen wird. Unter Bezug auf α = 5 % bzw. 0,05 ergibt sich der Wert **0,95**.
β:	Fehler 2. Art (bei Verwendung des Äquivalenztests das Risiko des Herstellers) sollte mit **β = 5 % bzw. 0,05** zur Anwendung kommen.
1-β:	Statistische Power als Maß für die Wahrscheinlichkeit, dass ein Fehler 2. Art nicht begangen wird. Unter Bezug auf β = 5 % bzw. 0,05 ergibt sich der Wert **0,95.**
$\mathbf{z}_{\left(1-\frac{\alpha}{2}\right)}$:	Quantil der Standardnormalverteilung: Der Wert kann Tabellen z.B. (Quelle: Hedderich und Sachs. Angewandte Statistik: Methodensammlung mit R. Springer-Verlag, 2016, Seite 262, Tabelle 5.6.) entnommen werden. Für den Wert α = 5 % ergibt sich z.B. für das 97,5 % Quantil der Standardnormalverteilung ein Wert von **1,959960** bzw. gerundet 1,96.
$\mathbf{z}_{\left(1-\frac{\beta}{2}\right)}$:	Quantil der Standardnormalverteilung: Der Wert kann Tabellen z.B. (Quelle: Hedderich und Sachs. Angewandte Statistik: Methodensammlung mit R. Springer-Verlag, 2016, Seite 262, Tabelle 5.6.) entnommen werden. Für den Wert α = 5 % ergibt sich z.B. für das 97,5 % Quantil der Standardnormalverteilung der Wert von **1,959960** bzw. gerundet 1,96.
Δ:	Dieser Wert stellt die maximal zulässige Abweichung (Verzerrung) im Äquivalenztest dar. Dieser Wert sollte verkehrsartspezifisch in einem Bereich zwischen **0,01 und 0,02** definiert und vorgegeben werden. Dabei wird empfohlen bei Anwendung der AFZS-Daten für die Einnahme aufteilung in Verkehrsverbünden den Wert Δ = 0,01 als maximal zulässige Abweichung (Verzerrung) im Äquivalenztest zu verwenden. Darüber hinaus wird es als erforderlich angesehen, bei Ausschreibung von Verkehrsleistungen durch die Aufgabenträger einheitliche Vorgaben für alle Verkehrsarten zur maximal zulässigen Abweichung zu definieren, die den Wert 0,02 nicht überschreiten.

Es wird empfohlen, die statistisch notwendige Größe der Stichprobe (Anzahl der Haltestellentürereignisse) für die manuelle Vergleichszählung zur Testierung der Messgenauigkeit in Abhängigkeit von den spezifischen Bedingungen des Untersuchungsraumes um ca. 15 % zu erhöhen. Damit sollen einmal die Effekte bei Halten ohne Fahrgastwechsel sowie zum anderen Verluste, wenn nicht für alle manuell erfassten Ein- und Aussteiger automatisch gezählte Daten für die Vergleichsrechnung z.B. durch die Eliminierung von Datensätzen zur Verfügung stehen, kompensiert werden. Dabei wird empfohlen, entweder auf Basis von Vergleichsdaten bzw. auf Basis von kleinen Pilotstichproben Erkenntnisse über die Zahl der Haltestellenereignisse ohne Fahrgastwechsel zu erhalten und diese in der Planung für die Vergleichszählung zu berücksichtigen. Es wird empfohlen den Anteil der Haltestellentürereignisse ohne Fahrgastwechsel auf max. 10 % zu begrenzen. Die diesbezüglichen Voruntersuchungen bzw. Annah-

men sind als Bestandteil der Unterlagen zur Testierung der Messgenauigkeit zu dokumentieren. Ergeben sich daraus Wirkungen, die erwarten lassen, dass auch die erweiterte Stichprobe nicht erfüllt werden kann, sind Anpassungen der vorgegebenen Werte erforderlich.

13.1.3 Beispiel zur Stichprobenplanung Äquivalenztest

Bei Verwendung der nachstehenden Kenngrößen in Formel (8a) mit

α:	5 % bzw. 0,05
β:	5 % bzw. 0,05
v:	0,2
Δ:	0,01
$z_{\left(1-\frac{\alpha}{2}\right)}$:	1,96
$z_{\left(1-\frac{\beta}{2}\right)}$:	1,96

ergibt sich auf dieser mathematisch-statistischen Grundlage die Größe der Stichprobe n mit 6.147 zu erhebenden Haltestellentürereignissen.

13.1.4 Der Partitionierte Äquivalenztest

Der Partitionierte Äquivalenztest[16] ist ein neuartiger statistischer Hypothesentest, der genauso wie der Äquivalenztest sicherstellt, dass das Anwenderrisiko einen definierten Wert nicht überschreitet und stellt bei korrekt spezifizierter Implementation sicher, dass auch das Herstellerrisiko sich wie im Äquivalenztest verhält. Gleichzeitig eröffnen sich Möglichkeiten, die manuelle Zählung kosteneffizienter zu gestalten:

1. Niedrigere Kosten für Vergleichszählungen
2. Erhöhung der nachzuweisenden Zählgenauigkeit bei gleichbleibendem Invest
3. Regelmäßige Rezertifizierungen bei gleichbleibendem oder nur leicht gesteigerten Invest

Äquivalenztest und Partitionierter Äquivalenztest können gleichwertig zur Validierung von automatischen Fahrgastzählsystemen eingesetzt werden.

Für die Durchführung des Tests sind Videoaufzeichnungen von den (potenziell) zu sichtenden Türöffnungen notwendig, was sich jedoch als gängige Praxis in der Branche etabliert hat. Dabei findet neben einer Stichprobenplanung eine Aufzeichnungsplanung statt, d.h. es wird mehr aufgezeichnet, als von zwei Personen plus Schiedsrichter gezählt wird[17].

Das ist notwendig, um gewährleisten zu können, dass das Herstellerrisiko nicht steigt. Nach erfolgter Aufzeichnung jedes Video einer Gruppe (bzw. Partition) zugewiesen: sicher oder unsicher. Letztere,

[16] https://doi.org/10.1080/23249935.2023.2267702

[17] Im Grenzfall Aufzeichnungsplanung = Stichprobenplanung sind Partitionierter Äquivalenztest und Äquivalenztest identisch

die unsicheren Videos, werden alle wie gehabt von zwei Personen plus Schiedsrichter gesichtet. In ersterer Partition, den sicheren Videos, erfolgt lediglich eine Stichprobe. In ihr sollte, falls das das Partitionierungsverfahren wie spezifiziert arbeitet, die Standardabweichung geringer sein, da besonders zählfehlerbehaftete Videos bereits in der unsicheren Partition herausgefiltert wurden. Der Partitionierte Äquivalenztest führt dann die Ergebnisse aus beiden Gruppen zu einem gemeinsamen, statistischen Test zusammen.

Wie sieht ein solches Partitionierungsverfahren aus? Der Partitionierte Äquivalenztest lässt grundsätzlich beliebige Verfahren zu, d.h. die Gruppierung kann auch komplett zufällig (z.B. per Münzwurf) erfolgen, ohne dass das Anwenderrisiko steigt. Verhält sich das Verfahren jedoch nicht wie spezifiziert, also ist die Standardabweichung in der sicheren Partition höher als im Vorhinein angenommen, steigt das Herstellerrisiko. Je besser das Verfahren zwischen sicher und unsicher unterscheiden kann, desto größer fallen Kosteneinsparungen aus. Hier einige Beispiele welche Verfahren eingesetzt werden können, sog. Anwendungsfälle[18]:

1. Alle Videos als sicher, alle Videos als unsicher oder Videos rein zufällig kategorisieren: sämtlliche sicheren Videos müssen wie beim Äquivalenztest ausgezählt werden.

2. Variante „Daumenregel“: Jedem Video eine Personendichte zuweisen (z.B. auf Basis der AFZ-Zählung über das gesamte Video geteilt durch die Zeitdauer des Videos). Überall, wo die Personendichte höher als ein definierter Wert ist als unsicher kennzeichnen, alle anderen als sicher.

3. Alle Videos von einer einzelnen Person zählen lassen. Alle Videos, wo die Einzelperson von der AFZ-Zählung abweicht, als unsicher kennzeichnen, alle anderen als sicher. Die Einzelzählung kann dann bei der Herstellung der Doppelzählung + Schiedsrichter wiederverwendet werden.

4. Einsatz eines Zählalgorithmus bzw. einer künstlichen Intelligenz außerhalb des AFZ-Systems, um eine zweite, algorithmische Zählung zu erzeugen. Wo eine Abweichung vorliegt, unsicher, sonst sicher. Alternativ kann das zusätzliche Verfahren eine direkte Bewertung der Wahrscheinlichkeit eines Zählfehlers vornehmen. Wenn diese Wahrscheinlichkeit hoch ist, dann unsicher, sonst sicher.

5. Kombinierte Varianten aller oben genannten Varianten.

Anwendungsfälle 2 und 3 sind rein organisatorische Maßnahmen und führen kombiniert zu einer Aufwandsreduktion zwischen 15 und 25%. Mit zusätzlichen Zählalgorithmen lassen sich Einsparungen von 50% erreichen.

Um ein neues Klassifikationsverfahren zu etablieren, müssen Untersuchungen zum Einsparpotential und den Parametern anhand realer Videodaten durchgeführt werden. Beispiele für noch-nicht-untersuchte Klassifikationsverfahren:

1. Pulkbildungsklassifkation aufgrund von Ein- und Aussteigerzeitstempeln, die aus existierenden AFZ-Systemen bezogen werden können:

   AFZ-Systeme bieten häufig an, den ersten und letzten Fahrgastwechsel zu erfassen. Bietet

[18] Vergleich Abschnitt Real-World Use Cases https://doi.org/10.1080/23249935.2023.2267702

das AFZ-System Zeitpunkte zu sämtlichen Ein- und Ausstiegsvorgängen an, kann z.B. Pulkbildung zuverlässiger festgestellt werden als mit Zählungen über die gesamte Türöffnungsdauer, da z.B. die Tür 10 Minuten offen sein kann und 50 Personen als Pulk einsteigen. Damit hätte man eine Einsteigerquote von 5 Personen/Minute, was als Grenzwert für die oben genannte Daumenregel eventuell zu niedrig wäre, könnte aber auf Grundlage von Ereigniszeitpunkten effektiv festgestellt werden.

2. Klassifikation auf Basis von betrieblichen Erfahrungswerten:

   Wenn von bestimmten Haltestellen zu bestimmten Haltezeiten bekannt ist, dass besonders viele oder besonders wenige Fahrgastwechsel stattfinden, kann das als Grundlage für eine Klassifikation genutzt werden, z.B. haben Halte an Schulen außerhalb der Ferienzeiten kurz vor Beginn der ersten Unterrichtsstunde eine hohe Zahl an Fahrgastwechseln.

   Ob diese Variante jedoch gegenüber einer Klassifikation auf Grundlage von AFZ-Daten einen Mehrwert liefert, ist konzeptionell fraglich: die Genauigkeitsanforderungen an AFZS sind sehr hoch sind und wenn ein AFZ-System so stark abweicht, dass eine oder mehrere Pulkbildungen nicht festgestellt werden können, wird die Zulassung ohnehin nicht bestanden und eine unzuverlässige Klassifikation wirkt sich zusätzlich negativ auf die Bestehenswahrscheinlichkeit aus.

13.1.5 Aufzeichnung- und Stichprobenplanung im Partitionierten Äquivalenztest

Die Anzahl der aufzuzeichnenden Videos im Partitionierten Äquivalenztest wird wie folgt berechnet:

$$n_{rec} \geq n_e \cdot \left[p_s \frac{v_s^2}{v^2} \left(\frac{1}{q} - 1 \right) + 1 \right] \quad \text{mit} \quad n_e = \left(z_{1-\frac{\alpha}{2}} + z_{1-\frac{\beta}{2}} \right)^2 \left(\frac{v}{\Delta} \right)^2 \quad \text{wie zuvor} \qquad \textbf{(8b)}$$

Die Größen der Formel sind:

n_{rec}	Aufzeichnungsumfang des Partitionierten Äquivalenztests
n_e	Stichprobenumfang des ursprünglichen Äquivalenztests (vgl. Abschnitt 13.1.1)
p_s	Wahrscheinlichkeit, dass ein Video als sicher eingestuft wird
v_s	relative Standardabweichung (des Fehlers) in der sicheren Partition, geschätzt
v	relative Standardabweichung (des Fehlers) in der Gesamtstichprobe, geschätzt
q	Auszählungsquote in der sicheren Partition

Die anderen Parameter sind zu denen aus dem Äquivalenztest identisch, vgl. Abschnitt 13.1.2. Wie beim Äquivalenztest auch ist anzuraten, die Fallzahl um 15% zu erhöhen, um Puffer einzuplanen, vgl. ebenfalls Abschnitt 13.1.2.

13.1.6 Erläuterungen und Empfehlungen zur Paramterwahl Partitionierter Äquivalenztest

Zu den Kenngrößen der Formel zur Bestimmung der Stichprobengröße der manuellen Vergleichszählung für eine Anwendung auf Basis des **Partitionierten Äquivalenztest** ergeben sich die nachstehenden Hinweise und Vorgaben.

Parameter	Erläuterung
$\mathbf{n_{rec}}$	Diese Größe steht für die Anzahl der mindestens aufzuzeichnenden Videos von Haltestellentürereignissen, die für die manuelle Vergleichszählung herangezogen werden können. Die Aufzeichnung kann türöffnungsphasenscharf erfolgen. Ansonsten gelten dieselben Anforderungen wie für n in Abschnitt 13.1.2.
$\mathbf{v_s}$	Die Größe v_s kommt als Streuung der relativen Messfehler je Haltestellentürereignis in der sicheren Partition zur Anwendung. In der Stichprobenplanung wird sie wie **v** geschätzt, später dann im statistischen Test aus den tatsächlich doppelt vergleichsgezählten Videos + Schiedsrichter hochgerechnet, da die sichere Partition nicht vollständig ausgezählt wird. Wie groß v_s ausfällt, ist verfahrensspezifisch und vom Anbieter des Klassifizierungsverfahrens zu spezifizieren. Insbesondere sollte $\mathbf{v_s} < \mathbf{v}$ ausfallen, da ansonsten keine Kosteneinsparung erfolgt. Für v_s wird ein minimaler Wert von 3% empfohlen, da die Stichprobe ansonsten nicht repräsentativ genug ist.[19]
q	Auszählungsquote, bezieht sich auf die sichere Partition. Anteil der Videos, die in der sicheren Partition gezählt werden. Vom Anbieter des Klassifikationsverfahrens zu spezifizieren. Dieser Parameter kann abhängig vom Kostenmodell (Basiskosten sicheres Video, Kosten Doppelzählung plus Schiedsrichter sicheres Video, Kosten pro unsicherem Video) optimiert werden[20].

13.1.7 Beispiel zur Aufzeichnungs- und Stichprobenplanung Partitionierter Äquivalenztest

Bei Verwendung der nachstehenden Kenngrößen in Formel (8b) mit

v_s	3% bis 5% bei besonders effektiven Klassifikationsverfahren, 0,5 * v bis 0,7 * v für besonders ineffektive Verfahren wie z.B. Anwendungsfall[21] 2
q	rein manuell: z.B. 40%-50% für Anwendungsfall 2, 20%-30% bei Anwendungsfall 3, bei Verwendung einer zusätzlichen algorithmischen Bildverarbeitung außerhalb des AFZ-Systems: 15%-20%
andere	alle übrigen Parameter α, β, v, Δ, $z_{\left(1-\frac{\alpha}{2}\right)}$, $z_{\left(1-\frac{\beta}{2}\right)}$ sind wie im Äquivalenztest, vgl. Abschnitt 13.1.3 zu wählen

ergibt sich auf dieser mathematisch-statistischen Grundlage typischerweise ein Aufzeichnungsumfang n_{rec}, der zwischen 15% und 50% größer ist als die Stichprobenplanung n_e im Äquivalenztest[22].

Für ein detaillierteres Rechenbeispiel, vgl. Abschnitt 13.2.2.4.

[19] Vgl. Figure A3 auf https://doi.org/10.1080/23249935.2023.2267702

[20] Vgl. Abschnitt 4.3 Cost Management auf https://doi.org/10.1080/23249935.2023.2267702

[21] Vgl. Abschnitt 13.1.4

[22] Vgl. Figure 6 auf https://doi.org/10.1080/23249935.2023.2267702

13.2 Messgenauigkeit

13.2.1 Nachweisebene, Parameter und Vorgaben

Es wird aus praktischer Sicht der Bezug auf die Nachweisebene Fahrzeugkategorie empfohlen. Diese sind hinsichtlich Fahrzeug- und Türtyp so zu definieren, dass alle Fahrzeugkategorien im Rahmen der Vergleichszählung anteilig erfasst werden.

Ab mindestens 3 Zählfahrzeugkategorien und weniger als 10 Fahrzeuge pro Fahrzeugkategorie kann anstelle der Nachweisebene Zählfahrzeugkategorie, die Nachweisebene Verkehrsunternehmen zur Anwendung kommen, sofern die Beteiligten Auftraggeber und Auftragnehmer dies aus Sicht des jeweiligen Vertragsverhältnisses aus wirtschaftlichen Gründen als vertretbar erachten. Dabei ist auch zu berücksichtigen, dass sich durch die Anwendung der Nachweisebene Verkehrsunternehmen und die damit verbundene Reduzierung der Fallzahl je Zählfahrzeugkategorie das Herstellerrisiko erhöht. Insoweit ist in diesem Kontext - soweit im Vertragsverhältnis erforderlich - auch die Zustimmung der Lieferanten der AFZS einzuholen.

Bei Erfüllung dieser Bedingungen ist es zulässig die Einhaltung der Schranken

- Test auf globale Unverzerrtheit
- Test auf Einzelabweichung
- Test auf statistische Unverzerrtheit auf Basis Äquivalenztest

im Ergebnis einer manuellen Vergleichszählung auf Basis von 6.147 HTE auf der Aggregationsebene Verkehrsunternehmen auf Grundlage der Vorgaben zur Messgenauigkeit der jeweils gültigen Version der VDV-Schrift 457 nachzuweisen. Dabei ist sicherzustellen, dass in der Vergleichszählung alle Fahrzeugkategorien unter gleichen raum-zeitlichen System- und Nachfragebedingungen erfasst werden.

Im Sinne der Vergleichbarkeit der Messgenauigkeit in Verbünden wird hierzu für den Bezug auf die Nachweisebene Verkehrsunternehmen vorgegeben, dass je Fahrzeugkategorie ein Stichprobenumfang von mindestens realisierten 1.230 Haltestellentürereignissen nachgewiesen werden muss.

Für die Messgenauigkeit des AFZS auf der jeweiligen Nachweisebene bezogen auf die Kenngrößen „Verkehrsmenge“ (P) und „Verkehrsleistung“ (Pkm) wird die Einhaltung folgender Schranken gefordert:

a) Die Differenzen der Summen der automatischen Zählwerte der Ein- und Aussteiger aller Halte an allen Prüffahrten darf je Nachweiskategorie 1 % der manuell gezählten Zählwerte nicht übersteigen (Test auf Globale Unverzerrtheit)

b) Es dürfen nicht mehr als 5 % aller Haltestellentürereignisse fehlerhaft sein, wobei ein Haltestellentürereignis als fehlerhaft gilt, wenn dessen Abweichung mehr als ein Drittel [33,3 %] und gleichzeitig mehr als eine Person beträgt (Test auf Einzelabweichung)

oder

c) Es dürfen nicht mehr als 5 % aller Halte fehlerhaft sein, wobei ein einzelnes Ergebnis aller Türen eines Zählfahrzeuges an einem Halt als fehlerhaft gilt, wenn die Abweichung mehr als 20 % des manuellen Wertes und gleichzeitig mehr als eine Person beträgt

d) Der statistische Test zur statistischen Unverzerrtheit ist auf Basis des Äquivalenztest oder des Partitionierten Äquivalenztests durchzuführen. (Test auf statistische Unverzerrtheit)

Ergänzende Aussagen zur Verkehrsmenge (P)

Durch den Auftraggeber kann in begründeten Ausnahmefällen, d.h. in Abhängigkeit von der beabsichtigten Verwendung der Zähldaten, von der Forderung gemäß Schranke a) abgewichen werden, wenn der sich aus der Summe des Stichprobenfehlers zur statistischen Maßzahl Mittelwert auf Basis eines Signifikanzniveaus von 95 % bzw. 0,95 und des zufälligen Messfehlers ergebende Gesamtfehler 5 % nicht übersteigt. Als Stichprobenfehler gilt dabei der max. zulässige Stichprobenfehler zur statistischen Maßzahl Mittelwert, der in einem AFZS-Produktivsystem auf Basis des tatsächlich realisierten Ausstattungsumfanges und der damit permanent zu realisierenden Stichprobengröße (Anzahl der Messfahrten) im Verhältnis zur Grundgesamtheit realisiert werden kann.

Dies bedeutet jedoch nicht, dass das damit größere Fehlerintervall zur Messgenauigkeit gemäß Schranke a) eine Reduzierung dieser Anforderung für den Anbieter der AFZS in den Fahrzeugen darstellt. Für die Messgenauigkeit der AFZS in den Fahrzeugen gilt die Anforderung gemäß Schranke a) in jedem Fall unverändert. Das größere Fehlerintervall zur Messgenauigkeit gilt ausschließlich für die Zähldaten nach Saldenausgleich im AFZ-Hintergrundysystem.

Es ist zulässig, diese Vorgaben zur Einhaltung der Messgenauigkeit an Mindestvorgaben für Häufigkeitsklassen von Ein- und Aussteigern zu binden, sofern diese aus mathematisch-statistischer Sicht sachgerecht sind und hinsichtlich ihrer Grundlagen offengelegt wurden.

Für die Testierung der Messgenauigkeit auf der Ebene Halte bzw. Türhalte ist sowohl die Verwendung von Schranke b) oder Schranke c) möglich. Eine von beiden ist jedoch zwingend anzuwenden.

Ergänzende Aussagen zur Verkehrsleistung (Pkm)

Die Ermittlung der Messgenauigkeit des AFZS bezogen auf die Kenngröße „Verkehrsleistung“ (Pkm) erfolgt auf Basis der Besetzungen zwischen zwei Haltestellen, die über die Anzahl der Einsteiger und der Aussteiger ermittelt werden und der Multiplikation der Besetzung mit der Entfernung zwischen beiden Haltestellen **nach** der Anwendung des Algorithmus zum Saldenausgleich gemäß Abschnitt 8.1.

Damit kann erst auf dieser Ebene die Bestätigung der Messgenauigkeit der Kenngröße Verkehrsleistung erfolgen. Ergänzend wird hierzu auf Kapitel 14 Anlage 3 „Regelkatalog Systemabnahme für Hintergrundsysteme“ Abschnitt 14.2.2.4 verwiesen.

Sonderfälle

Beim Nachweis zur Ermittlung der Messgenauigkeit ist nach dem aktuellen Stand der Technik sicherzustellen, dass auftretende Sonderfälle so zu erfassen, zu berücksichtigen und auszuwerten sind, dass ein unverzerrtes Ergebnis auf Basis der gezählten Personen abgebildet werden kann.

Der Nachweis zur Ermittlung der Messgenauigkeit muss deshalb ÖPNV-übliche oder vergleichbare Sonderfälle wie

— Türsteher

— Rucksäcke

— Hunde

— große Gepäckstücke

— Fahrräder

— Rollatoren

— Kinderwagen

— Rollstühle (Differenzierung leer oder besetzt möglich)

— Einsatz von Hubliften

berücksichtigen und ohne Verzerrung auf die Gesamtzahl der Ein– und Aussteiger kompensieren. Damit darf für diese Sonderfälle im AFZS **keine** Erfassung als Ein- und Aussteiger erfolgen. Davon unbenommen sind diese Sonderfälle innerhalb der Vergleichszählung zu erfassen, zu protokollieren und bei der Auswertung zur Erklärung von möglichen Abweichungen heranzuziehen.

Insbesondere in städtischen Verkehren und bei Fahrzeugen mit breiteren Türmaßen kann es zu sogenannten Quereinsteigern kommen. Diese durchqueren den Türraum nicht rechtwinklig zur Fahrzeugaußenwand, sondern eher diagonal. AFZS müssen in diesen Fällen in der Lage sein, richtungsbezogen einen Ein- oder Ausstiegsvorgang zu erkennen und zuzuordnen. Doppelzählungen sind auszuschließen. Auch beim Zusammenwirken von mehr als einem Sensor je Türraum muss diese Forderung durch das Zusammenspiel zweier oder mehr Sensoren gesichert werden. Hinsichtlich der qualitativen Anforderungen an die Messgenauigkeit sind im vorliegenden Fall dieselben Kriterien anzuwenden wie bei den anderen Türen.

Ein Sonderfall und ebenfalls abhängig vom Stand der Technik bzw. auch von Vorgaben der Verkehrsverbünde/Verkehrsunternehmen ist der Nachweis von Zählobjekten in Abhängigkeit von deren Höhe, also insbesondere den Ausweis von Personen unter einer Höhe von 1,20 m.

Hier ist vorher zu definieren, ob diese Zählobjekte als

— Sonderfall und damit nicht als gezählte Personen zu erfassen

oder

— gesondert als Bestandteil der Anzahl der gezählten Personen auszuweisen sind.

Im Sinne der technischen Weiterentwicklung ist davon auszugehen, dass ein nächstes Ziel in der Diversifizierung von Zählobjekten besteht. Dazu sind **alle** Objekte in einer jeweils optischen bzw. geometrischen Erscheinungsform zu erfassen und dann nach jeweils definierten Zählkategorien zu diversifizieren.

Die Testierung der Messgenauigkeit hat dann so zu erfolgen, dass in einem ersten Schritt die Prüfung der Messgenauigkeit für die Gesamtzahl der beförderten Personen nach den geltenden Kriterien der Messgenauigkeit auf Basis einer Vergleichszählung erfolgt. In einem zweiten Schritt soll der Nachweis nach Zählkategorien auf Grund der Wahrscheinlichkeit des Eintreffens der Zählobjekte in gesonderten Referenztestierungen, d.h. als Labortest unter definierten Testbedingungen für die Industrie **und** in einer ÖPNV-bezogenen Referenzanwendung erfolgen. Weiterhin wird empfohlen, einen Test zu spezifischen Zählobjekten (z. B. Fahrräder) unter bekannten Nachfragebedingungen auf ausgewählten Linien im Sinne von Vergleichszählungen unter Berücksichtigung spezifischer Bedingungen für die Diversifizierung der Zählobjekte aus anderen Zählobjekten (Personen mit und ohne Fahrrad, Personen mit Gepäck, Fahrrad im Pulk usw.) durchzuführen.

Weiterführende Regelungen sind nicht Gegenstand des Regelkataloges und werden in Abhängigkeit von der technischen Entwicklung nachgeführt.

13.2.2 Ermittlung Messfehler

13.2.2.1 Prüfung der Ein- und Aussteiger über alle Fahrten (Schranke a)

Die Ermittlung der zufälligen Fehler erfolgt in der Form

$$\Delta i.rel = \frac{/P_a - P_m/}{P_m} \cdot 100 /\%/ \qquad \textbf{(9)}$$

In ihr bedeuten

P_a die automatisch erfasste Personenzahl (jeweils separat für Einsteiger und für Aussteiger) und

P_m die entsprechende manuell erfasste Personenzahl (jeweils separat für Einsteiger und für Aussteiger)

Dabei sind nur Ergebnisse aus vollständigen Zählfahrten (vom fahrplanmäßigen Fahrtbeginn bis zum fahrplanmäßigen Ende) zu berücksichtigen. Es gelten die Vorgaben gemäß 13.2.1.

13.2.2.2 Prüfung für Ein- und Aussteiger je Halt (Schranke b oder c)

Die Prüfungen zur Einhaltung der zufälligen Fehler je Haltestellentürereignis oder Halte erfolgen nach den Vorgaben gemäß13.2.1 **Schranke b**) oder **Schranke c**).

13.2.2.3 Prüfung der statistischen Unverzerrtheit (Schranke d), Äquivalenztest

Nach der Prüfung der Einhaltung der zufälligen Messfehler wird in **Schranke d)** geprüft, ob die Zählergebnisse des Sensors frei von systematischen Messfehlern sind und damit die Hypothese der statistischen Unverzerrtheit aufrechterhalten werden kann.

Dazu wird als statistisches Verfahren der Äquivalenztest eingeführt, welcher auf den in den Abschnitten 13.1.1 „Stichprobenplanung der Vergleichszählung“ sowie 13.1.2 „Erläuterungen und Empfehlungen zur Parameterwahl“ bereits spezifizierten Kenngrößen sowie auf der theoretischen Annahme einer Normalverteilung für die empirische Häufigkeitsverteilung der Messwerte basiert. Die Annahme der Normalverteilung entspricht dem Stand der Technik und stellt keine wesentliche Änderung gegenüber dem bisherigen Verfahren dar. Dennoch erfolgen ergänzend und parallel weitere Untersuchungen zur Absicherung möglicher Unschärfen bei der Verwendung des Äquivalenztests im Falle einer von der Normalverteilung abweichenden empirischen Häufigkeitsverteilung der Messwerte.

Mit der Anwendung des Äquivalenztest wird gesichert, dass ein AFZS dann testiert werden kann, wenn in der manuellen Vergleichszählung nachgewiesen wird, dass seine Abweichungen in der Messgenauigkeit die vorab in der Stichprobenplanung zur Vergleichszählung definierte Grenze (0,01 bzw. 0,02) statistisch abgesichert nicht überschreitet.

Diese Nachweisführung und direkte Prüfung, ob das Konfidenzintervall im Äquivalenzbereich liegt, kann auf Basis des Äquivalenztest gemäß Formel (10a) erfolgen

$$\left| \overline{D} \pm z_{1-\frac{\alpha}{2}} \cdot \frac{\hat{v}}{\sqrt{n}} \right| \leq \Delta \qquad \textbf{(10a)}$$

Die Größen sind:

$\overline{\mathbf{D}}$**:** Mittelwert der relativen Differenzen aus automatischer und manueller Zählung. Hierzu sind die absoluten Differenzen zwischen automatisch und manuell gezählten Personen (separat für Ein- und Aussteiger) je Haltestellentürereignis zu erfassen, der Mittelwert zu berechnen und anschließend durch die Anzahl der manuell gezählten Einsteiger zu dividieren.

$\boldsymbol{z}_{\left(\mathbf{1}-\frac{\alpha}{\mathbf{2}}\right)}$*:* $(1-\frac{\alpha}{2})$-Quantil der Standardnormalverteilung

$\hat{v}$*:* Empirische Standardabweichung zum Mittelwert der relativen Differenzen aus automatischer und manueller Zählung

n: Anzahl der erhobenen Haltestellentürereignisse

Der Äquivalenztest ist erfüllt, wenn das gesamte Konfidenzintervall in dem vorher spezifizierten Äquivalenzbereich [- Δ, + Δ] liegt.

Dazu wird ein Wert zwischen 0,015 von 0,025 als maximal zulässige Abweichung empfohlen.

Das Verfahren zur Überprüfung des Äquivalenzkriteriums umfasst folgende Schritte:

Schritt 1	Spezifikation der Parameter	Siehe 13.1.2
Schritt 2	Stichprobenplanung	Siehe 13.1.1
Schritt 3	Durchführung der manuellen Vergleichszählung	Siehe 13.1.1
Schritt 4	Berechnung des (1 – α) = (95 %)-Konfidenzintervalls	Siehe 13.2.2.3

$$\overline{D} \pm 1{,}96 \cdot \frac{\hat{v}}{\sqrt{n}}$$

Schritt 5 *Überprüfung, ob das Konfidenzintervall im Intervall [- Δ, + Δ] liegt.*
JA: Äquivalenztest erfüllt; Zulassung kann erfolgen
NEIN: Äquivalenztest nicht erfüllt; Zulassung ist abzulehnen

Beispiel zur Anwendung des Äquivalenztests

a) Ausgangsgrößen

Im Ergebnis einer manuellen Vergleichszählung liegen Daten je Haltestellentürereignis in der nachfolgend dargestellten Struktur gemäß **Tabelle [1]** vor. Daraus können die Ausgangsdaten für den Nachweis der statistischen Unverzerrtheit berechnet werden.

Anzahl der manuell gezählten Einsteiger	3.611
Anzahl der automatisch gezählten Einsteiger	3.623
Differenz zwischen automatisch und manuell gezählten Einsteigern	12
Anzahl der vorhandenen Haltestellentürereignisse (n)	1.911

Tabelle [1] Ausgangswerte

b) Auswahl der Qualitätsparameter

Für den Äquivalenztest zum Nachweis der statistischen Unverzerrtheit sind vom Anwender die Qualitätsparameter vorzugeben. Für das Beispiel werden folgende Werte nach **Tabelle [2]** verwendet.

Parameter	Wert	Erklärung
α	5 %	Risiko des Anwenders im Äquivalenztest (Prüfer-Risiko)
Δ	1 %	Äquivalenzbereich der relativen Abweichung (Zulässiger Fehler)

Tabelle [2] Vorgaben des Anwenders

Mit dem Äquivalenztest gemäß Formel (10a)

$$\left|\overline{D} \pm z_{1-\frac{\alpha}{2}} \cdot \frac{\hat{v}}{\sqrt{n}}\right| \leq \Delta$$

soll geprüft werden, ob das Konfidenzintervall im definierten Äquivalenzbereich liegt.

Berechnungsschritt 1:

Ermittlung des Mittelwertes der relativen Differenzen aus automatischer und manueller Zählung durch Division der Differenz zwischen den automatisch und den manuell gezählten Einsteigern (hier 12) durch die Anzahl der manuell gezählten Einsteiger (hier 3.611). Daraus ergibt sich $\overline{D}$ **= 0,0033 bzw. 0,33 %.**

Berechnungsschritt 2:

Ermittlung des Quantils der Standardnormalverteilung mit α = 5 % mit $\boldsymbol{z}_{\left(\mathbf{1}-\frac{\alpha}{\mathbf{2}}\right)} = 1{,}96$

(Hinsichtlich der Quellen zur Ermittlung wird auf 13.1.2 verwiesen).

Berechnungsschritt 3:

Berechnung der Standardabweichung des relativen Messfehlers aus automatischer und manueller Zählung mit den Stufen:

3.1 Berechnung der Mittleren Einsteigerzahl je Haltestellentürereignis

Die mittlere Einsteigerzahl je Haltestellentürereignis wird ermittelt aus der Division der Anzahl der manuell gezählten Einsteiger (3.611) durch die Anzahl der Haltestellentürereignisse (1.911). Hieraus ergibt sich eine mittlere Einsteigerzahl von 1,9 Einsteigern je Haltestellentürereignis.

3.2 Berechnung der Standardabweichung der absoluten Messfehler über alle Haltestellentürereignisse

Die Berechnung der Standardabweichung erfolgt auf Basis der Daten zu den manuell und mit AFZS gezählten Einsteigern je Haltestellentürereignis auf Basis der Excel-Funktion STABW. Hierzu sind für die in **Tabelle [1]** zusammengefassten Ergebnisse die zugehörigen Ausgangsdaten in der Excel-Tabelle je Haltestellentürereignis zu verwenden.

Hier ergibt sich aus der Excel-Funktion STABW unter Verwendung der Formel

$$\sqrt{\frac{\sum_i^n (x_i - \overline{\mathrm{x}})^2}{(\mathrm{n}\text{-}1)}}$$

die Standardabweichung der absoluten Messfehler x_i über alle Haltestellentürereignisse mit **S = 0,24**. Als absoluter Messfehler eines Haltestellentürereignisses wird hier die Differenz aus automatischer und manueller Zählung verstanden, das heißt $x_i = \mathrm{Einsteiger}_i^{\mathrm{AFZS}} - \mathrm{Einsteiger}_i^{\mathrm{manuell}}$.

3.3 Berechnung der Standardabweichung des relativen Messfehlers

Die Standardabweichung des relativen Messfehlers ermittelt aus der Division der Standardabweichung des absoluten Messfehlers (0,24) durch die Mittlere Einsteigerzahl je Haltestellentürereignis (1,9) ergibt sich mit $\hat{v}$ **= 0,128.**

Berechnungsschritt 4:

Berechnung der Intervallbreite auf Basis Formel (10)

$$\mathrm{z}_{1-\frac{\alpha}{2}} \cdot \frac{\hat{v}}{\sqrt{n}}$$

Mit den Werten

Quantil der Standardnormalverteilung mit α = 5 % mit $\boldsymbol{z}_{\left(1-\frac{\alpha}{2}\right)}$	**1,96**
Standardabweichung des relativen Messfehlers $\hat{\boldsymbol{v}}$	**0,128**
Anzahl der vorhandenen Haltestellentürereignisse **n**	**1.911**

ergibt sich der Wert für die Intervallbreite mit 0,57 % bzw. 0,0057.

Berechnungsschritt 5:

Unter Verwendung der Intervallbreite von 0,57 % bzw. 0,0057 ergibt sich unter Bezug auf den Mittelwert der relativen Differenzen aus automatischer und manueller Zählung mit $\overline{D}$ = 0,0033 bzw. 0,33 % gemäß Formel (2)

$$\overline{D} \pm \mathrm{z}_{1-\frac{\alpha}{2}} \cdot \frac{\hat{v}}{\sqrt{n}}$$

- die untere Schranke mit - 0,0024 bzw. -0, 24%

und

- die obere Schranke mit 0,009 bzw. 0,9 %.

Damit liegt das Konfidenzintervall mit [+ 0,0090; -0,0024] vollständig innerhalb des festgelegten Äquivalenzbereichs der relativen Abweichung von [+ 0,01; - 0,01] (zulässiger Fehler).

Das System kann mit dem Nachweis der statistischen Unverzerrtheit abgenommen werden.

13.2.2.4 Prüfung der statistischen Unverzerrtheit (Schranke d), Partitionierter Äquivalenztest

Die indirekte Prüfung, ob das Konfidenzintervall im Äquivalenzbereich liegt, kann auf Basis des Partitionierten Äquivalenztest gemäß Formeln (10b) bis (10e) erfolgen[23]

$$\overline{M} = \frac{n_s}{n} \cdot \overline{M}_s + \frac{n_u}{n} \cdot \overline{M}_u, \qquad D_i = \frac{(K_i - M_i)}{\overline{M}} \qquad \text{für} \quad \overline{D}_s, \overline{D}_u, \hat{v}_s, \hat{v}_u \qquad \textbf{(10b)}$$

$$\overline{D} = \frac{n_s}{n} \cdot \overline{D}_s + \frac{n_u}{n} \cdot \overline{D}_u$$

$$\hat{v} = \sqrt{\frac{n_s}{n} \cdot \frac{\max(\hat{v}_s, v_{\min})^2}{q} + \frac{n_u}{n} \cdot \max(\hat{v}_u, v_{\min})^2 + \frac{n_s \cdot n_u}{n^2} (\overline{D}_s - \overline{D}_u)^2}$$

[23] Eine leichter lesbare Variante der Procedure 2 aus https://doi.org/10.1080/23249935.2023.2267702

$$\left|\overline{D} \pm z_{1-\frac{\alpha}{2}} \cdot \frac{\hat{v}}{\sqrt{n}}\right| \leq \Delta, \qquad \text{(wie Äquivalenztest, identisch zu Formel 10a)} \qquad \textbf{(10e)}$$

Die Größen sind:

n, n_s, n_u	n: Anzahl der aufgezeichneten Videos mit $n=n_{rec}$ wie in Abschnitt 13.1.5, n_s: Anzahl der sicheren Videos, n_u: Anzahl der unsicheren Videos, $n_s+n_u=n$
$\overline{M}, \overline{M}_s, \overline{M}_u$	$\overline{M}$: Mittelwert der manuellen Zählung, Ein- und Aussteiger separat. $\overline{M}_s$: Mittelwert auf der zufälligen Auswahl in der sicheren Partition, da dort nicht alle Videos von zwei Personen plus Schiedsrichter ausgezählt werden. $\overline{M}_u$: in der unsicheren Partition.
K_i, M_i, D_i	K_i: Die Zählung des AFZ-Systems auf dem Video i, M_i: die manuelle Zählung auf dem Video i, D_i: Differenz zwischen AFZ-System-Zählung und manueller Zählung. $\overline{D}$ und $\hat{v}$ werden auf Basis dieser D_i berechnet.
$\overline{D}, \overline{D}_s, \overline{D}_u$	$\overline{D}$: Gewichteter (hochgerechneter) Mittelwert der relativen Differenzen zwischen der Zählung des AFZ-Systems und der manuellen Zählung, $\overline{D}_s$: in den ausgezählten Videos der sicheren Partition. $\overline{D}_u$: In der unsicheren Partition
$v_{\min}$	minimale Standardabweichung in der sicheren Partition, um zu kleine Fallzahlen zu verhindern; es werden 3% empfohlen
q	Auszählungsquote in der sicheren Partition, vgl. Abschnitt 13.1.6
$\hat{v}_s{}^2, \hat{v}_u{}^2$	Empirischer Varianzschätzer in den ausgezählten Videos der sicheren Partition $\hat{v}_s{}^2$ und in der unsicheren Partition $\hat{v}_u{}^2$
$\hat{v}$	Geschätzte Standardabweichung zum gewichteten Mittelwert (abhängig von q) der relativen Differenzen aus automatischer und manueller Zählung unter Berücksichtigung von $v_{\min}$;

Alle anderen Größen sind wie im Äquivalenztest, vgl. Abschnitt 13.1.1.

Das Verfahren zur Durchführung des Partitionierten Äquivalenztests umfasst folgende Schritte:

Schritt 1	Spezifikation der Parameter Äquivalenztest	Siehe 13.1.1
Schritt 2	Spezifikation der Parameter Partitionierter Äquivalenztest	Siehe 13.1.6
Schritt 3	Aufzeichnungsplanung	Siehe 13.1.5
Schritt 4	Aufzeichnung der erforderlichen Videos	
Schritt 5	Anwendung des Klassifikationsverfahrens	Siehe 13.1.4
Schritt 6	Durchführung der manuellen Vergleichszählung	Siehe 13.1.1
Schritt 7	Berechnung des (1 – α) = (95 %)-Konfidenzintervalls	Siehe 13.2.2.4

$$\overline{D} \pm 1{,}96 \cdot \frac{\hat{v}}{\sqrt{n}}$$

Schritt 8 *Überprüfung, ob das Konfidenzintervall im Intervall [- Δ, + Δ] liegt.*
JA: Partitionierter Äquivalenztest erfüllt; Zulassung kann erfolgen
NEIN: Partitionierter Äquivalenztest nicht erfüllt; Zulassung ist abzulehnen

Beispiel 1 zur Anwendung des Partitionierten Äquivalenztests: rein manuell

Als Klassifikationsverfahren kommt eine einfache, manuelle Zählung zum Einsatz, vgl. Anwendungsfall 3 in Abschnitt 13.1.4.

Der Hersteller des AFZ-Systems spezifiziert eine niedrigere Standardabweichung[24] seines Systems, nämlich ν = 15%, womit für einen regulären Äquivalenztest ein Aufzeichnungsumfang von 3458 Videos notwendig wäre. Das ist geringer als für die in der VDV 457 spezifizierten 20%, bei denen 6147 Videos aufgezeichnet werden müssten, was jedoch zulässig ist, da durch kleinere Stichproben lediglich das Herstellerrisiko steigt.

Für die Fallzahlplanung werden folgende Parameter angenommen:

p_s = 90%	Angenommene Wahrscheinlichkeit, dass ein Video als sicher eingestuft wird. Es ist ein Erfahrungswert zum Klassifikationsverfahren. Bei der späteren Stichprobe kann sich jedoch ein anderer Wert einstellen (vgl. n_s/n), z.B. weil weniger Videos als erwartet als unsicher klassifiziert wurden.
q = 0,3 = 30%	Auszählungsquote in der sicheren Partition.
ν = 15%	Standardabweichung des Fehlers, auf Risiko des Herstellers kleiner als 20%, mit modernen AFZ-Systemen aber durchaus machbar
$\nu_s = \nu_{min}$ = 3%	Angenommene Standardabweichung in der sicheren Partition

Damit berechnet sich die Menge der aufzuzeichnenden Videos wie folgt[25]:

$$n_{rec} \geq n_e \cdot \left[p_s \frac{\nu_s^2}{\nu^2} \left(\frac{1}{q} - 1 \right) + 1 \right] \quad \text{mit} \quad n_e = \left(z_{1-\frac{\alpha}{2}} + z_{1-\frac{\beta}{2}} \right)^2 \left(\frac{\nu}{\Delta} \right)^2 \quad \text{wie zuvor}$$

also $n_{rec} \geq 3458 \cdot \left[90\% \frac{3\%}{15\%} \left(\frac{1}{15\%} - 1 \right) + 1 \right] = 3749$

Nach Hinzufügen von 15% Puffer (vgl. Abschnitt 13.1.2) n_{rec} = 4311.

[24] Die Empfehlung ν = 20% stammt aus dem Einführungsjahr 2018 der VDV 457 v2.1. Mittlerweile erreichen moderne AFZ-Systeme auch geringere Standardabweichungen. Beliebig klein darfdie Stichprobe nicht sein, was durch die Wahl von $\nu_{min} = 3\%$ sichergestellt wird (vgl.: https://doi.org/10.1080/23249935.2023.2267702)

[25] Prozentangaben bedeutet, dass die Zahl durch 100 zu teilen ist, z.B. 1% = 0,01

Nach der Durchführung der Aufzeichnung und Aufteilung in sichere und unsichere Videos können sich z.B. folgende Parameter ergeben:

n, n_s, n_u — n=4311: Anzahl der aufgezeichneten Videos mit $n=n_{rec}$ wie in Abschnitt 13.1.5
n_s=3948: Anzahl der sicheren Videos
n_u=328: Anzahl der unsicheren Videos, $n_s+n_u=n$

$\overline{D}, \overline{D}_s, \overline{D}_u$ — $\overline{D}$: Mittelwert der relativen Differenzen zwischen der Zählung des AFZ-Systems und der manuellen Zählung,
$\overline{D}_s$ = 0,1%: in der sicheren Partition, hochgerechnet.
$\overline{D}_u$= 0,85%: In der unsicheren Partition

daraus folgt $\overline{D} = \frac{n_s}{n} \cdot \overline{D}_s + \frac{n_u}{n} \cdot \overline{D}_u = 0{,}16\%$

$\nu_{\min}$=3% — minimale Standardabweichung in der sicheren Partition, um zu kleine Fallzahlen zu verhindern, es werden 3% empfohlen. Dieser Parameter ist vorgegeben.

q=30% — Auszählungsquote in der sicheren Partition, vgl. Abschnitt 13.1.6. Dieser Parameter stammt aus der Fallzahlplanung.

$\hat{\nu}_s, \hat{\nu}_u$ — Empirische Standardabweichungen auf den Partitionen:
$\hat{\nu}_s = 5\%$: in der sicheren Partition, hochgerechnet, größer als geplant (3%)
$\hat{\nu}_u = 31{,}5\%$: in der unsicheren Partition

$\hat{\nu}$ — Schätzer für die Standardabweichung zum gewichteten Mittelwert der relativen Differenzen aus automatischer und manueller Zählung:

$$\hat{\nu} = \sqrt{\frac{n_s}{n} \cdot \frac{\max(\hat{\nu}_s, \nu_{\min})^2}{q} + \frac{n_u}{n} \cdot \max(\hat{\nu}_u, \nu_{\min})^2 + \frac{n_s \cdot n_u}{n^2} (\overline{D}_s - \overline{D}_u)^2} = 12{,}4\%$$

Die Durchführung des Tests erfolgt nach Formel 10 mit α=5% und Δ=1%:

Untere Intervallgrenze:

$$\left|\overline{D} - \mathrm{z}_{1-\frac{\alpha}{2}} \cdot \frac{\hat{\nu}}{\sqrt{n}}\right| = \left|0{,}16\% - 1{,}96\ \frac{12{,}4\%}{\sqrt{4311}}\right| = |-0{,}24\%| \leq \Delta = 1\%$$

Obere Intervallgrenze:

$$\left|\overline{D} + \mathrm{z}_{1-\frac{\alpha}{2}} \cdot \frac{\hat{\nu}}{\sqrt{n}}\right| = \left|0{,}16\% + 1{,}96\ \frac{12{,}4\%}{\sqrt{4311}}\right| = |0{,}55\%| \leq \Delta = 1\%$$

Da die Grenzen des Konfidenzintervalls damit innerhalb der vorgegebenen Schranke Δ=1% liegen, gilt der hier durchgeführte Partitionierte Äquivalenztest als bestanden.

Beispiel 2 zur Anwendung des Partitionierten Äquivalenztests: Videoverarbeitungsalgortihmus

Als Klassifikationsverfahren kommt ein Algorithmus zum Einsatz, der auf dem aufgezeichneten Videomaterial z.B. eine zusätzliche automatische Zähung erzeugt, die dann mit der Zählung des AFZS-Systems verglichen werden kann[26]. Das ist eine Variante des Anwendungsfalls 4 in Abschnitt 13.1.4. Weichen beide algorithmischen Zählungen voneinander ab, wird das Video als unsicher klassifiziert, sonst als sicher. Ein Anbieter eines solchen Klassifikationsverfahrens kann z.B. der Hersteller des Zählsystems sein oder eine spezialisierte Drittpartei sein. Die Auswahl der Zufallsstichprobe in der sicheren Partition findet jedoch durch den Gutachter statt. Zur Erinnerung: arbeitet das Klassifikationsverfahren zu sehr außerhalb seiner Spezifikation, also zu unzuverlässig, wird die Wahrscheinlichkeit des Herstellers reduziert, die Zulassung zu bestehen, ist also zum Nachteil des Herstellers.

Analog zum vorhergehenden Beispiel 1 spezifiziert der Hersteller des AFZS eine Standardabweichung von ν = 15%. Durch das kostengünstigere Klassifikationsverfahren kann sich bei ähnlichen übrigen Parametern eine niedrigere Auszählquote q als geeigneter erweisen, da die Fixkosten der ersten manuellen Zählung wegfallen.

Für die Fallzahlplanung werden folgende Parameter angenommen (bis auf q alle wie im Beispiel 1 zuvor):

q = 15%	Auszählungsquote in der sicheren Partition
p_s = 90%	Angenommene Wahrscheinlichkeit, dass ein Video als sicher eingestuft wird
ν = 15%	Standardabweichung des Fehlers
$\nu_s = \nu_{min}$ = 3%	Angenommene Standardabweichung in der sicheren Partition

Damit berechnet sich die Menge der aufzuzeichnenden Videos wie folgt[27]:

$$n_{rec} \geq n_e \cdot \left[p_s \frac{\nu_s^2}{\nu^2} \left(\frac{1}{q} - 1 \right) + 1 \right] \quad \text{mit} \quad n_e = \left(z_{1-\frac{\alpha}{2}} + z_{1-\frac{\beta}{2}} \right)^2 \left(\frac{v}{\Delta} \right)^2 \quad \text{wie zuvor}$$

$$\text{also } n_{rec} \geq 3458 \cdot \left[90\% \frac{3\%}{15\%} \left(\frac{1}{15\%} - 1 \right) + 1 \right] = 4164$$

Nach Hinzufügen von 15% Puffer (vgl. Abschnitt 13.1.2) n_{rec} = 4789.

Nach der Durchführung der Aufzeichnung und Aufteilung in sichere und unsichere Videos können sich z.B. folgende Parameter ergeben:

n, n_s, n_u	n=4789: Anzahl der aufgezeichneten Videos mit $n=n_{rec}$ wie in Abschnitt 13.1.5 n_s=4425: Anzahl der sicheren Videos n_u=364: Anzahl der unsicheren Videos, $n_s+n_u=n$
$\overline{D}, \overline{D}_s, \overline{D}_u$	$\overline{D}$: Mittelwert der relativen Differenzen zwischen der Zählung des AFZ-Systems und der manuellen Zählung, $\overline{D}_s$ = 0,1%: in der sicheren Partition, hochgerechnet. $\overline{D}_u$= 0,85%: In der unsicheren Partition

[26] vgl. Abschnitt 13.1.4 Anwendungsfall 4 oder unterstes Diagramm Figure 6 auf https://doi.org/10.1080/23249935.2023.2267702

[27] Prozentangaben bedeutet, dass die Zahl durch 100 zu teilen ist, z.B. 1% = 0,01

daraus folgt $\overline{D} = \frac{n_s}{n} \cdot \overline{D}_s + \frac{n_u}{n} \cdot \overline{D}_u = 0{,}16\%$

$\nu_{\min}$=3% minimale Standardabweichung in der sicheren Partition um zu kleine Fallzahlen zu verhindern, es werden 3% empfohlen. Dieser Parameter ist vorgegeben.

q=15% Auszählungsquote in der sicheren Partition, vgl. Abschnitt 13.1.6. Dieser Parameter stammt aus der Fallzahlplanung.

$\hat{v}_s, \hat{v}_u$ Empirische Standardabweichungen auf den Partitionen:
$\hat{v}_s = 5\%$: in der sicheren Partition, hochgerechnet, größer als geplant (3%)
$\hat{v}_u = 31{,}5\%$: in der unsicheren Partition

$\hat{v}$ Schätzer für die Standardabweichung zum gewichteten Mittelwert der relativen Differenzen aus automatischer und manueller Zählung:

$$\hat{v} = \sqrt{\frac{n_s}{n} \cdot \frac{\max(\hat{v}_s, \nu_{\min})^2}{q} + \frac{n_u}{n} \cdot \max(\hat{v}_u, \nu_{\min})^2 + \frac{n_s \cdot n_u}{n^2} (\overline{D}_s - \overline{D}_u)^2}$$
$$= 15{,}2\%$$

Die Durchführung des Tests erfolgt nach Formel 10 mit α=5% und Δ=1%:

Untere Intervallgrenze:

$$\left|\overline{D} - \mathrm{z}_{1-\frac{\alpha}{2}} \cdot \frac{\hat{v}}{\sqrt{n}}\right| = \left|0{,}16\% - 1{,}96\ \frac{15{,}2\%}{\sqrt{4789}}\right| = |-0{,}30\%| \leq \Delta = 1\%$$

Obere Intervallgrenze:

$$\left|\overline{D} + \mathrm{z}_{1-\frac{\alpha}{2}} \cdot \frac{\hat{v}}{\sqrt{n}}\right| = \left|0{,}16\% + 1{,}96\ \frac{15{,}2\%}{\sqrt{4789}}\right| = |0{,}62\%| \leq \Delta = 1\%$$

Da die Grenzen des Konfidenzintervalls damit innerhalb der vorgegebenen Schranke Δ=1% liegen, gilt der hier durchgeführte Partitionierte Äquivalenztest als bestanden.

13.3 Vergleichszählungen zur Testierung der Messgenauigkeit

13.3.1 Generelle Anforderungen

13.3.1.1 Stufen zur Testierung der Messgenauigkeit

Bei der Testierung der Messgenauigkeit sind die Stufen

— Ersttestierung vor Inbetriebnahme des AFZS im Rahmen einer Vergleichszählung

— Ereignis- bzw. fallbezogene Testierung nach jeweils gegebener Erforderlichkeit

— Periodische Rezertifizierung eines im produktiven Einsatz befindlichen AFZS

zu unterscheiden.

Die nachfolgenden Darstellungen beziehen sich auf die **Ersttestierung** vor Inbetriebnahme des AFZS.

Diese Vorgaben sind sinngemäß, sachgerecht und abhängig von den Problemen auf notwendige **ereignis- bzw. fallbezogene Testierungen** bei eingeführten AFZS im Falle von Änderungen von Komponenten, insbesondere Sensoren sowie deren Firmware mit unmittelbarem Einfluss auf die Messgenauigkeit anzuwenden.

Die Vorgaben für eine **periodische Rezertifizierung** eines vorhandenen AFZS sind Bestandteil des Regelkataloges zur Vorbereitung, Durchführung und Auswertung von Systemabnahmen für AFZS-Hintergrundsysteme (Punkt 14.3). Hierauf wird verwiesen.

13.3.1.2 Umfang der Vergleichszählung

Die manuelle Vergleichszählung bzw. die Vergleichszählung auf Basis von Videoaufzeichnungen bzw. Aufzeichnung mit bildgebenden Verfahren ist vorzugsweise unter Einbeziehung aller ausgerüsteten Fahrzeuge je Verkehrsunternehmen, mindestens jedoch unter Einbeziehung jedes Fahrzeug-, Tür- bzw. Sensortyps sowie deren Firmeware auf solchen Linien vorzunehmen, die das Netz nach Größe, zeitlich-räumlicher Struktur der Verkehrsmenge, Verkehrsablauf sowie besonderen betrieblich-technischen Bedingungen repräsentieren. Hier sind auch Besonderheiten wie möglicher Pulkeinstieg bei Schülerverkehrslinien/-fahrten oder andere typische Situationen unbedingt einzubeziehen. Diese Auswahl des räumlichen Untersuchungsfeldes der Vergleichszählung ist auf Basis von realen Daten zur Struktur von Verkehrsnachfrage und –angebot abzuleiten und zu begründen.

Damit muss neben der mathematisch-statistischen Planung der Stichprobe auch eine Berücksichtigung solcher Besonderheiten in Abstimmung mit den jeweiligen Verkehrsunternehmen zwingend erfolgen.

13.3.2 Manuelle Vergleichszählung zur Testierung Messgenauigkeit

13.3.2.1 Vorgaben zur Durchführung der Vergleichserhebung

Allgemeine Anforderungen

Die Erfassung der Zähldaten - empfohlen über die Anwendung elektronischer Geräte, ansonsten über Zählbögen - hat während der Fahrt in den Fahrzeugen stattzufinden.

Die Vorgehensweise während der Zählung orientiert sich an der Funktionsweise der AFZS. Es wird grundlegend unterschieden zwischen Besatz vor und nach Ende der Fahrt sowie den Ein- und Aussteigern während der Fahrt. Je nachdem, an welcher Stelle der Fahrt die Zähler selbst zu- oder aussteigen, haben diese sich selber auch einzuordnen (mitzuzählen).

Zur Qualitätssicherung der manuell erhobenen Daten wird empfohlen, neben der Ein- und Aussteigerzählung eine Besetzungszählung durchzuführen, die es gestattet, mit den Größen Einsteiger, Aussteiger und Besetzung bei Vorhandensein von jeweils zwei Größen Verprobungen zu allen Kenngrößen durchzuführen.

Prinzipiell werden alle selbständig ein- und aussteigenden Personen (inkl. Zähl- und Fahrpersonal) als Ein- und Aussteiger gezählt. Das gilt auch für Anfangs- und Endhaltestellen. Hinsichtlich der Sonderfälle wird auf Punkt13.2.1 verwiesen.

Generell werden immer alle Informationen erfasst, um den realen Fahrweg und die Fahrtzeit des Erhebungsfahrzeuges sowie die relevanten Besonderheiten bei der Auswertung rekonstruieren zu können.

Einteilung der Zähler

Die Grundsätze zur Einteilung der Zähler haben sich ausnahmslos an dem Ziel zu orientieren, dass aus dem Einsatz der Zähler je Tür eine lückenlose und fehlerfreie Erfassung der Einsteiger und Aussteiger in der Qualität gesichert wird, so dass an diesen Ergebnissen der manuellen Vergleichszählung die automatisch gezählten Daten numerisch exakt und revisionssicher verprobt werden können. Damit muss die Einteilung der Zähler so erfolgen, dass eine optimale Vergleichbarkeit zur Generierung der automatischen Zähldaten erreicht wird.

Um diesen Anspruch zu erfüllen, wird empfohlen, pro normalbreiter Tür ohne Spurtrennung immer 2 Zähler einzusetzen. Dabei soll eine getrennte Erfassung von Ein- und Aussteigern je Zähler erfolgen. Alternativ kann unter Berücksichtigung des Fahrzeuges, des Fahrgastaufkommens und der Türbreite auch ein Verfahren zur Anwendung kommen, indem sowohl Ein- als auch Aussteiger getrennt von zwei Zählern gezählt und nur die Ergebnisse verwendet werden, bei denen beide Zähler identische Werte ausweisen.

Für eine schmale (einspurige) Tür bzw. für geregelte Ein- und Aussteiger (z. B. Einstieg) kann davon abgewichen werden. Alle Sonderfälle sind gesondert zu prüfen.

Alle Überlegungen zu einem aus Kostengründen reduzierten Zählereinsatz sind am Anspruch der Verwendung der Daten für die fehlerfreie, konsistente und revisionssichere Testierung der automatisch gezählten Daten zu spiegeln.

Richtlinien für die Zähler

Es ist zu sichern, dass im Ergebnis der manuellen Vergleichszählungen vollständige, konsistente, fehlerfreie, nachvollziehbare, manipulationsfreie und revisionssichere Daten je Haltestellentürereignis (HTE) vorliegen. Das kann abhängig von der Durchführung als manuelle oder videobasierte Vergleichszählung auf Basis von elektronischen Erfassungstableaus als auch manuell auszufüllenden Erfassungsformularen erfolgen, muss aber - unabhängig von der Erfassungsart - zwingend die Merkmale bzw. Merkmalsrealisationen und Datenkomplexe nach der Tabelle [3] abbilden.

Lfd. Nr.	Merkmale	Verweise
1	**Haltestellenabfolge mit Abfahrtszeit**	
2	**Einsteiger/Aussteiger**	
3	**Fahrräder**	Siehe Kapitel 17.4.3.1.2
3.1	Fahrradeinstiege	
3.2	Fahrradausstiege	
3.3	Einsteiger je Fahrradeinstieg (Personen)[1)]	
3.4	Aussteiger je Fahrradausstieg (Personen)[1)]	
4	**Kinderwagen / Rollstühle [2)]**	
5	**Besonderheiten (Teilmenge Ein- und Aussteiger)**	
5.1	Wiedereinsteiger an der gleichen Haltestelle	
5.2	Wiederaussteiger an der gleichen Haltestelle	
6	Aussagen zu den Sonderfällen	Siehe Kapitel 13.2.1
7	Fahrtbezogene Bemerkungen	
7.1	• verfrühte Abfahrt	
7.2	• besondere Vorkommnisse	
8	Haltestellenbezogene Bemerkungen	
	• Pulkeinstieg	
	• Pulkausstieg	
	• stockender Einstieg	
	• stockender Ausstieg	
	• sonstiges Verweilen unter dem Sensor	
	• Verspätung > 15 Minuten	
9.	Besetzung	
9.1	Besetzung Beginn der Fahrt	
9.2	Besetzung nach Ende der Fahrt	
10	Feld zur Erfassung, ob der Zähler zwischen den Fahrten das Fahrzeug verlassen hat.	

Tabelle [3] Übersicht der zu erfassenden Merkmale

Zur obigen Tabelle [3] gelten die nachstehenden ergänzenden Regelungen:

Zu Pos. 3.3 / 3.4 Ein- und Aussteiger je Fahrradeinstieg (Personen)

Die Erfassung der Fahrradeinstiege und der Fahrradausstiege je Haltestellentürereignis und der dazu gehörigen Personen Ein- und Ausstiege je Haltestellentürereignis erfolgt als Prüfgröße mit der Konsequenz, dass Datensätze für Fahrradeinstiege und der Fahrradausstiege ohne Personen zu eliminieren sind. Weitere Erklärungen ergeben sich aus Kapitel 17.4.3.1.2.

Zu Pos. 4 Kinderwagen / Rollstühle

Nach Abstimmungen mit den zuständigen VDV-Ausschüssen wird für die Zählkategorie Kinderwagen / Rollstühle weder eine gesonderte bzw. zu Personen und Fahrrädern zusätzliche Zählkategorie noch eine Diversifizierung nach beiden Zählobjekten vorgesehen.

Ein Beispiel der Umsetzung einer derartigen elektronischen Bedienoberfläche ist in **der folgenden Abbildung** dargestellt.

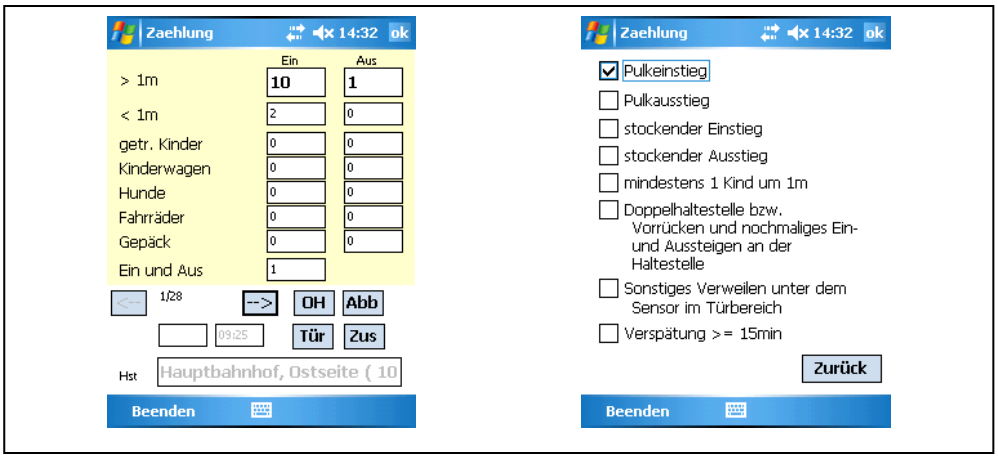


Abbildung 14: Beispiel Benutzeroberfläche Pocket-PC

Die auf Grundlage der Vorgaben nach Tabelle[3] zu erstellenden elektronischen Benutzeroberflächen bzw. Auswertungsmasken, Erfassungstableaus oder Zählbögen sind vor Beginn der Vergleichszählung mit dem Anbieter und dem Verkehrsunternehmen abzustimmen. Als Grundlage der Daten dienen Haltestellenbänder. Fahrplandaten werden vom jeweiligen Verkehrsunternehmen übernommen und sind von diesem bereitzustellen.

Die Zähler erhalten eine Grundeinweisung in die Funktion der automatischen Zählung. Es ist sicherzustellen, dass Vergleichszählungen nicht durch systematische Fehler oder unzutreffende Beurteilungen von Abläufen durch das manuelle Zählpersonal negativ beeinträchtigt werden.

Für die Zähler gelten folgende Richtlinien:

— Zu jeder Zählfahrt (von Endhaltestelle zu Endhaltestelle) ist ein vorbereitetes Formular bzw. eine definierte Eingabemaske zu verwenden. Im Kopf sind Name, Datum und Uhrzeit sowie Zählposition (Tür, Spur) anzugeben, soweit diese Informationen nicht bereits eingetragen sind. Dies gilt sinngemäß auch für elektronische Geräte mit entsprechend umgesetzten Überträgen.

— Die Zählungen beginnen mit den Einsteigern an der ersten planmäßigen Anfangshaltestelle und enden mit den Aussteigern an der letzten planmäßigen Endhaltestelle im Zählzeitraum. Die Betriebshofein- und -ausfahrten werden nicht gezählt.

— An jeder Endhaltestelle steigen alle Zähler genau einmal aus und wieder ein. Das gilt sinngemäß auch am Beginn und am Ende der Zählung. Abweichungen sind im Bemerkungsfeld zu notieren.

— Die Zähler müssen sich selbst und den Fahrer als Ein-/Aussteiger immer mitzählen.

— Beim Eintragen der Ein- und Aussteiger ist immer auf die korrekte Haltestelle zu achten.

Ausnahmen, wenn z. B. aufgrund von hohen Fahrgastwechselzahlen eine zuverlässige Zählung nicht mehr gewährleistet ist, sind zu dokumentieren.

Es wird vorgegeben:

— Haltestellen gesondert zu markieren, an denen durchgefahren wurde bzw. trotz Halt keine Türöffnung erfolgte und

— bei Haltestellen bei geöffneter Tür ohne Ein- und Aussteiger eine "0" einzutragen.

— Für den Fall der Verwendung von Erhebungsunterlagen auf Papier (z. B. bei ad hoc-Fahrten) sind alle Einträge mit Kugel- oder Filzschreiber vorzunehmen (kein Bleistift).

— Alle Einträge müssen eindeutig und nachvollziehbar sein.

— Für den Fall der Verwendung von Erhebungsunterlagen auf Papier können die Ein- und Aussteiger als Striche oder als Zahl angegeben werden. Dabei können mehrere Zahlen durch Komma getrennt angegeben werden (z. B. „17, 2, 1"), wenn mehrere Gruppen zu erheben sind.

— An der Endhaltestelle werden die Aussteiger immer in die Fahrt eingetragen, die endet und die Einsteiger immer in die Fahrt, die beginnt.

— Sofern eine Kompensation des „Wartesaaleffekts“ implementiert ist, sind an der Endhaltestelle je ein Wertepaar (Ein- und Aussteiger) vor sowie nach Ablauf des „Aussteigerzeitraums“ bis zur nächsten Abfahrt zu erfassen. Der Aussteigerzeitraum ist definiert als der Zeitraum, bis zu dem alle Fahrgäste der ankommenden Fahrt das Fahrzeug verlassen haben.

— Bei Doppelhaltestellen bzw. mehrfaches Anhalten an einer Haltestelle werden alle Ein- und Aussteiger der gleichen Haltestelle zugeordnet, auch wenn das Fahrzeug vorrückt und die Tür mehrfach öffnet.

— Personen, die an ein- und an derselben Haltestelle wieder aussteigen, um sich beispielsweise beim Fahrer eine Information zu holen, sind zu zählen (E/A). Das trifft auch zu, wenn Personen aus- und einsteigen, um Platz zu machen oder um bei Kinderwagen oder Gepäck zu helfen. Zusätzlich sind diese in der entsprechenden Spalte „Besonderheit EA" gesondert zu zählen.

- Quer ein- bzw. aussteigende Personen bei Verfügbarkeit von mehr als einer Gehspur sind als jeweils ein Ein- bzw. Aussteiger zu zählen. Zusätzlich sind diese in der entsprechenden Spalte „Sonderfall Quereinsteiger" gesondert zu zählen.
- Gibt es gesonderte Fahrertüren, sind die Ein- und Ausstiege dort gesondert zu vermerken, sofern ein Fahrer oder eine andere Person durch die Fahrertür einsteigt und durch eine Fahrgasttür wieder aussteigt.
- Türsteher oder Personale des Betreibers, die an Haltestellen in geöffneten Türen im Sensorbereich Bedienhandlungen vornehmen, sind nicht bei den Ein- und Aussteigern mitzuzählen. Diese sind in der entsprechenden Spalte „Sonderfall Türsteher" gesondert zu zählen.
- Für den Umgang mit Personen (z. B. kleiner als 120 cm) gelten die jeweiligen Regelungen unter Bezug auf 13.2.1.
- Für den Umgang mit den weiteren Sonderfällen gilt, dass
  - Kleinkinder, die auf dem Arm getragen werden
  - Rucksäcke
  - Hunde
  - große Gepäckstücke
  - Fahrräder
  - Kinderwagen
  - Rollatoren
  - leere Rollstühle

    nicht bei den Ein- und Aussteigern **zu zählen** und **gesondert zu erfassen** sind.
- Unsicherheiten über die tatsächliche Anzahl der Personen, über die richtige Spalte, über die mögliche Verdrehung von Ein- und Aussteigern usw. sind gesondert als Bemerkungen einzutragen.
- Zwischenhalte sind als eigenständige Haltestellen aufnehmen. Diese sind bei der Programmierung des Erfassungsgerätes zu berücksichtigten.

13.3.2.1.1 Vorgaben zur Plausibilisierung der Vergleichserhebung

So bald wie möglich sind die Daten auf den Server des Felderhebungsunternehmens zu spielen bzw. im Büro des Felderhebungsunternehmens manuell zu erfassen.

Nach diesem Datentransfer sind die Plausibilitätskontrollen durchzuführen, die mindestens umfassen müssen:

- Vollständigkeitsprüfungen
- Prüfung auf Extremwerte/Ausreißertest (Abweichung)
- Prüfung auf vollständige und richtige Haltestellenfolge
- Prüfung der rechnerischen Schlüssigkeit der Ergebnisse.

Sollte es unschlüssige Ergebnisse für eine Fahrt geben, die nicht auf eindeutige Eingabefehler zurückzuführen sind und die Abweichung zwischen Ein- und Aussteigern (inkl. Vor- und Nachbesatz) je Fahrt mehr als 2 % beträgt, ist diese Fahrt nachzuerheben.

Aus betrieblichen Gründen abgebrochene Fahrten werden verworfen und sind nachzuerheben.

Manuelle Nachkorrekturen der Ein- und Aussteigerwerte sind nicht zulässig. Davon ausgenommen sind die Behandlung von eindeutigen Eingabefehlern und die Behandlung von Ein- und Aussteigern an Endhaltestellen bzgl. der Zuordnung zur jeweiligen Haltestelle/Fahrt unter Berücksichtigung von Personen, die ein- und an derselben Haltestelle wieder aussteigen (E/A).

13.3.2.1.2 Dokumentation der Datengrundlagen

Es ist möglich und im Sinne einer revisions- bzw. gerichtsfesten Beweisführung zu empfehlen, bei ansonsten unverändert geltenden Vorgaben zur Qualitätssicherung und Methodik die Vergleichszählung mit jeweils türbezogenen Video- bzw. Bildaufzeichnungsgeräten aufzunehmen und nachträglich auswerten.

Die den Verkehrsunternehmen zu übergebenden Unterlagen müssen mindestens umfassen:

— Menüführung/Zählbogen

— Tageseinsatzplan

— Fehlerprotokolle.

Das Felderhebungsunternehmen ist verpflichtet, die elektronischen bzw. manuell erhobenen Daten der Felderhebung sowie die übrigen Zählunterlagen aufzubewahren und dem Verkehrsunternehmen zu übergeben.

13.3.2.1.3 Vorgaben zur Übergabe der automatisch gezählten Daten

Durch den Lieferanten des AFZS ist sicherzustellen, dass die automatisch gezählten Daten in ein für Excel-lesbares bzw. ein sonstiges vorher abgestimmtes Format gebracht werden können.

Vom AFZS bereitzustellende Daten sind:

— die Ein- und die Aussteigerzahlen nach Haltestellen

— Klarnamen zu Haltestellenbezeichnungen/Haltestellennummer

— die exakte und eindeutige Fahrtenkennung

— die Identifikationsmerkmale der Zählfahrten (Linie, Richtung, Datum, Abfahrtszeit, Umlauf, Fahrzeug, Haltestellenabfolge) zur Sicherung der eindeutigen Zuordnung manueller und automatischer Vergleichsfahrten.

Dabei sind nach Möglichkeit identische Fahrtkennungen zur manuellen Zählung zu verwenden.

13.3.2.1.4 Qualitätssicherung Vergleichszählung

Da die Anforderungen an die Genauigkeit der manuellen Vergleichszählungen mindestens so hoch sein müssen wie die Anforderungen an die Messgenauigkeit der AFZS, werden neben den besonderen Anforderungen für die Auswahl des Zählpersonals nachstehende Vorgaben für die Qualitätsprüfung der Daten gestellt.

Zum Vergleich mit den automatisch gewonnenen Einsteiger- und Aussteigerzahlen sind nur diejenigen „manuellen“ Zählfahrten heranzuziehen, bei denen die Abweichung zwischen Ein- und Aussteigern (inkl. Vor- und Nachbesatz) **je Fahrt** nicht mehr als *2 %* beträgt und bei denen auch keine anderen, nicht plausibel zu korrigierenden Ungenauigkeiten in den Zähldaten vorliegen. Alle anderen

Fahrten sind von der weiteren Bewertung ausgeschlossen. Hierbei darf jedoch die Summe der manuell gezählten Einsteiger und der manuell gezählten Aussteiger über alle in die Vergleichszählung einbezogenen Fahrten um nicht mehr als 1 % voneinander abweichen.

Es sind grundsätzlich Aussteiger (A) an der 1. Haltestelle und Einsteiger (E) an der letzten Haltestelle durch Wertung in der Vorher-Fahrt (A) bzw. in der Folge-Fahrt (E) auf 0 zu setzen, sofern keine Fahrgäste im Fahrzeug verbleiben („Sitzenbleiber“).

Es sind an der 1. Haltestelle der ersten Fahrt einer Fahrtkette die Aussteiger (A) und an der letzten Haltestelle der letzten Fahrt der Fahrtkette die Einsteiger (E) auf 0 zu setzen. Die Regelungen zum Umgang mit Wartesaaleffekten (vgl.8.2) sind hier entsprechend anzuwenden.

13.3.3 Durchführung von Vergleichszählungen mit (Video)Bildaufzeichnungen

13.3.3.1 Formen der Aufzeichnung

Im Folgenden werden unter Video bzw. Videoaufzeichnungssystemen alle bildgebenden Verfahren bzw. –systeme verstanden, welche eine zweifelsfreie Erkennung einer einzelnen Person bzw. eines definierten Zählobjekts an sich und in seiner natürlichen Bewegung mindestens in der Qualität von Videotechnologien nach dem heutigen Stand der Technik ermöglichen. Ausdrücklich nicht darunter fallen Systeme, welche eine weitere (software)logische o.ä. Interpretation bedürfen, um festzustellen, dass es sich um eines der o.g. Objekte handelt.

Durch den Einsatz neuer Technologien in Form von Videosensoren oder sonstiger Videoaufzeichnungssysteme in Fahrzeugen des ÖPV sind die AFZ-Vergleichszählungen für Ein- und Aussteiger wie auch bei anderen Sensortypen üblich in Form von manuellen Zählungen durch Zählpersonal in den Fahrzeugen oder durch nachträgliche Zählung im Videobild möglich.

Hierfür ist es erforderlich, dass während der Vergleichszählfahrten Videobilddaten aufgezeichnet und für die Zeit der Auswertung gespeichert werden. Für die Aufzeichnung sind zwei Konfigurationen denkbar:

Konfiguration 1: Aufzeichnung von Videobildern über zusätzliche Videokameras im Türbereich

oder

Konfiguration 2: Aufzeichnung der Videobilddaten des AFZ-Bildsensors.

Die Erfahrung aus den rein manuellen Zählungen im Fahrzeug zeigt jedoch, dass bestimmte Situationen nicht vollumfänglich erfasst werden können. Daher wird empfohlen, auch im Fall einer manuellen Vergleichszählung eine Videodatenerfassung der Ein- und Ausstiegsvorgänge zur späteren Fehleranalyse und -bewertung durchzuführen.

Die Entscheidung, ob eine Vergleichszählung vollständig oder zusätzlich unterstützt durch Videobildaufzeichnung erfolgen soll, muss je Projekt individuell auch auf Basis wirtschaftlicher Kriterien entschieden werden. Im Folgenden werden einige Hinweise gegeben, welche bei der Entscheidungsfindung berücksichtigt werden sollten:

<u>Vorteile einer Videoaufzeichnung:</u>

- Wiederholung des Zählvorganges, durch wiederholtes Abspielen der Videosequenz (Zeitlupe, Standbild etc.)
- Manuelle Zählung am Computer

— Einsparung an Personalkosten, weil keine An-/Abreise zum Zählfahrzeug notwendig ist
— Einsparung an Personalkosten, weil die Fahr-/Dienstzeiten zwischen den Zählhalten entfallen
— Zählung zu „normalen“ Arbeitszeiten (weniger Zuschläge für Zählpersonal, Vermeidung Pkw-Anfahrten zum Einsatzort)
— Dokumentation der Ein- und Ausstiegsvorgänge/Archivierung.

Nachteile einer Videoaufzeichnung:

— Kosten und technischer Aufwand für Ausstattung des Fahrzeugs mit Videosensoren im Falle der Konfiguration 2
— Kosten und technischer Aufwand für Ausstattung mit zusätzlichen Videokameras im Falle der Konfiguration 1
— Erhöhter Personalaufwand durch ggf. notwendige Begleitung bei zusätzlichen Kameras (Konfiguration 1)
— Sicherheitsaspekt bei zusätzlichen Kameras (a – Fahrgastschutz, b – Vandalismus)
— Zeitfaktor – Durchführung der Vergleichszählung ist im Prinzip ein eigenes Projekt (Konfiguration 1)
— Geringere Flexibilität (Fahrzeugtausch, Umsteigen usw. bei Konfiguration 1)
— Bei Notwendigkeit von originärer Besatzerfassung ist Videotechnologie allein i.d.R. nicht ausreichend (Notwendigkeit zusätzliches manuelles Zählpersonal).

Wird vom AFZ-Hersteller ein Videoaufzeichnungssystem (Konfiguration 1 oder 2) bereitgestellt, sind die Eigenschaften des Videosystems sowie der zugehörigen Wiedergabesoftware im Rahmen der Systembeschreibung durch den AFZ-Hersteller darzustellen und mit den Angebotsunterlagen einzureichen. Dabei sind die spezifischen Anforderungen zur Durchführung der Vergleichszählung im Videobild zu berücksichtigen, die im nachfolgenden Abschnitt benannt sind.

Bei Systemen der Konfiguration 1 ist eine kontinuierliche Aufzeichnung der gesamten Versuchsfahrt vorzusehen, wenn keine Informationen zum Zustand der Tür (offen/zu) im externen Aufzeichnungsgerät durch Anschluss entsprechender Fahrzeugsignale bzw. Übertragung dieser Signale zum Aufzeichnungsgerät vorhanden sind. Hiervon kann nur abgewichen werden, wenn eine Alternative mit nachgewiesener Zuverlässigkeit vorgeschlagen werden kann.

Bei Videosensoren erfolgt die Steuerung über das Türsignal. Daher ist die Aufzeichnung während der Türöffnung ausreichend. Für Systeme der Konfiguration 2 kann die Speicherung der Videobilddaten auf den Zeitbereich beschränkt werden, in dem die Tür geöffnet ist.

13.3.3.2 Datensicherheit (der Videobilder) im Fahrzeug

Ein unberechtigter Zugriff auf die Videodaten während der Aufzeichnung im Fahrzeug ist durch geeignete technische Maßnahmen auszuschließen. In diesem Zusammenhang ist bei der Konfiguration 1 auch ein verdeckter Einbau des zusätzlichen Videoaufzeichnungsgerätes notwendig.

13.3.3.3 Datenschutz (der Videobilder) im Fahrzeug

Es müssen die datenschutzrechtlichen Bestimmungen im jeweiligen Bundesland beachtet werden.

Im Fall einer Aufzeichnung von Videobildern von „oben“ und ohne Gesichtserkennung sind die zu beachtenden datenschutzrechtlichen Bestimmungen zu berücksichtigen. In der Regel ist aufgrund von

praktischen Erfahrungen davon auszugehen, dass eine solche Art der Aufzeichnung datenschutzrechtlich genehmigungsfähig ist. Eine diesbezügliche Klärung muss grundsätzlich vor der Entscheidung zur videobasierten Vergleichszählung erfolgen.

Die ggf. vorhandenen datenschutzrechtlichen Abnahmen sind in beiden Konfigurationen vom Lieferanten der Systeme vorzulegen.

13.3.3.4 Technische Anforderungen an die Videoaufzeichnung

Es muss sichergestellt werden, dass für jede Türöffnung Videoaufzeichnungen vorhanden sind.

Alle Videokameras und ggf. auch ein eingesetzter Transientenrekorder oder Datenlogger (z. B. für die vom automatischen Zählsystem erfassten Fahrgäste) sind zeitlich zu synchronisieren, z. B. durch Kameras mit Synchronisationseingang für die Bildfrequenz. Alternativ kann ein GPS-/NTP-basiertes Zeitsignal verwendet werden.

Die Aufzeichnung erfolgt als Videodatei. Komprimierungsverfahren sind nutzbar, sofern sie die Auswertbarkeit nicht nachteilig beeinflussen.

Die Sichtung und Wiedergabe von Videoaufzeichnungen muss unter Berücksichtigung der Datenschutzrichtlinien möglich sein. Das kann entweder durch die kostenneutrale Bereitstellung einer speziellen Wiedergabesoftware oder entsprechender Codecs erfolgen. Verzeichnungen, beispielsweise bei Fisheye-Objektiven, sind unschädlich, solange die Videobilder hinreichend scharf sind.

In das Videobild sind ein Identifikationstext (z. B. Kamera 1 Bus 2) sowie Datum und Uhrzeit der Aufnahme einzublenden.

Es sind weiter im Bild auszuweisen:

— ggf. Zählwerte für Ein- und Aussteiger (ist im jeweiligen Projekt zu entscheiden)

— Türnummer

— Zeitstempel (JJ,MM,TT; hh,mm,ss).

Alternativ zur Einblendung in das Bild können Kennung, Datum und Uhrzeit mit dem Videostream abgelegt und in der Wiedergabesoftware angezeigt werden.

Bei kontinuierlicher Aufzeichnung ist es für die Erleichterung der späteren Auswertung empfehlenswert, für die Vergleichszählung am Videobild folgende Daten aufzuzeichnen:

— die Haltestellen, sofern ein entsprechendes Signal vom IBIS-Wagenbus abgegriffen werden kann oder

— synchron aufgezeichnete GPS-Positionen

— Abgreifen des Türsignals.

Im Falle der Aufzeichnung des Türsignals wird bei geöffneter Tür die Aufzeichnung aktiviert und bei geschlossener Tür deaktiviert. Damit wird es ermöglicht, auf die Datenaufzeichnung zwischen den Halten (=Tür offen) zu verzichten. Bei dennoch erfolgter kontinuierlicher Aufzeichnung ermöglicht diese Variante ebenso ein Springen zu den Halten mit Fahrgastwechsel.

Diese Werte sollen dann in der Wiedergabesoftware mit Lesezeichen markiert werden, um ein gezieltes Springen in den Videosequenzen zu ermöglichen.

Im Falle der Nutzung der GPS-Koordinaten muss dann eine eigenständige Zuordnung über eine im Hintergrundsystem hinterlegte Zuordnungsliste (Haltestellen und Koordinaten) erfolgen.

Die digitale Aufzeichnung der Videobilder muss äquidistant und mit mindestens 12 Bildern/Sekunde erfolgen. Die geometrische Bildauflösung (Anzahl der Bildpunkte) sollte 0,1 Megapixel nicht unterschreiten.

Das Sichtfeld der Kamera ist so zu wählen, dass sowohl Einsteiger als auch Aussteiger im Bereich unterhalb der Sensoren eindeutig erfasst werden. Die Kameras sind so auszuwählen, dass auch unter ungünstigen Licht- und Sichtverhältnissen eine eindeutige Auswertung möglich ist. Auch in den (dunklen) Morgen- und Abendstunden sollen zu den im Fahrzeug vorhandenen Lichtquellen keine zusätzlichen Verstärker (sichtbares Licht und nahes Infrarot) eingesetzt werden.

13.3.3.5 Anforderungen an die Zuordnung der manuellen Zähldaten zu Fahrplanfahrten

Im Falle der Auswertung von Zählgenauigkeit auf Fahrt- bzw. Haltestellenebene bzw. zur Prüfung der Zählgenauigkeit für Pkm und P nach Saldenausgleich ist es zwingend erforderlich, die manuellen Zähldaten („Zähldatenstrom“) den Fahrplandaten zuzuordnen. Hierbei können folgende Varianten der Zuordnung („Matching“) erfolgen:

a) Manuelle Zuordnung der manuell gezählten Ein- und Aussteigerwerte zu Haltestellen und Fahrten durch Eingabe der Werte in vorgegebene Tabellen/Matrizen mit vorbelegten Feldern für die Fahrplandaten (u. a. Fahrtnummer, Haltestellennummer, Abfahrtszeit usw.)

b) Automatische Zuordnung der manuell gezählten Ein- und Aussteigerwerte zu Haltestellen und Fahrten durch Nutzung von projektspezifisch zu definierenden Identifikationsmerkmalen (Haltestellennummer, Fahrtnummer o.ä.) über entsprechende Softwarealgorithmen.

Im Fall b) ist zu beachten, dass die benötigten Identifikationsmerkmale im Fahrzeug fehlerfrei aufzuzeichnen sind (Ortungsinformationen – siehe oben).

13.3.3.6 Anforderungen an die Installation/Sicherheit der Geräte zur Vergleichszählung (Konfigur tion 1)

Die gesamte Anlage muss eine eigene Stromversorgung besitzen oder über das Bordnetz versorgt werden.

Der Einbau der separaten Videoanlage muss daher nach folgenden Anforderungen erfolgen

— möglichst geringe Belästigung der Fahrgäste

— nicht im Eingriffsbereich der Fahrgäste

— robuster, schwingungsfreier Anbau

— robuste und gesicherte Verkabelung (Stolpersicherheit)

und ist vom Verkehrsunternehmen abzunehmen und zu bestätigen.

Der Rückbau der Videokameras muss rückstandsfrei erfolgen und ist ebenfalls vom Verkehrsunternehmen abzunehmen und zu bestätigen.

13.3.3.7 Zusätzliche Anforderungen an die Datenübertragung

Die Datenmengen, welche bei der Aufzeichnung und Speicherung von Videobildern bspw. eines Tages entstehen, sind möglicherweise zu umfangreich, um diese über die üblichen standardisierten Datenübertragungswege zu übertragen. Im Falle der Konfiguration 1 ist außerdem zu berücksichtigen, dass nicht immer ein Anschluss des Zusatzgerätes an die zentralen Systeme im Fahrzeug und die dort vorgesehenen Standarddatenübertragungswege (WLAN, Mobilfunk usw.) möglich ist.

Daher ist in diesem Fall die Übergabe der Videodaten auf externen Datenträgern vorzusehen. Durch Beschriften der Datenträger bzw. entsprechende Kodierung der Dateien ist eine eindeutige Zuordnung zu Fahrzeug und Tür sowie Datum und Uhrzeit der Aufnahme/Aufnahmen sicherzustellen.

Der Speicherplatz des Datenträgers muss so ausgelegt sein, dass die Aufzeichnung von Videobilddaten an Haltestellen von einem durchschnittlichen Werktag im Linieneinsatz möglich ist. Das Wechseln des Datenträgers muss ohne besondere Qualifikationen durch das Betriebspersonal des Verkehrsunternehmens vorgenommen werden können.

13.3.3.8 Technische und organisatorische Anforderungen an die Auswertung von videobasierten Vergleichszählungen

Für die Auswertung der Videobilder sollte möglichst eine einheitliche, standardisierte Videoabspielsoftware zum Einsatz kommen. Diese sollte jedoch folgende technische Möglichkeiten vorsehen:

— Das Vorspulen und Zeitlupe müssen möglich sein.

— Das Springen zu bestimmen Punkten (z. B. Zeitstempeln) in der Videoaufzeichnung muss möglich sein.

Die Auswertung der Videobilder erfolgt durch manuelles Auszählen von Ein- und Aussteigern durch Anschauen/Prüfen der Videobilder durch das (Zähl-)Personal. Die Zähler zählen dabei unabhängig voneinander jeweils eine Tür in einem vorgegebenen Zeitabschnitt auf Basis der zufällig ausgewählten Fahrten im Erhebungszeitraum.

Die Zählung sollte nach dem Vier-Augen-Prinzip erfolgen, dabei werten 2 Zähler voneinander unabhängig die Videoaufzeichnungen je Haltestelle und Tür aus. Eine Software vergleicht die Angaben des zweiten Zählers mit denen des ersten Zählers. Bei Abweichungen erfolgt die Hinzuziehung eines Administrators mit verbindlicher Entscheidung zum gültigen Zählergebnis. Bei zweifelhaften manuellen (per Video erhobenen) Daten sind diese für die betreffende Tür und damit die gesamte betreffende Fahrt zu verwerfen.

Für die manuelle Auszählung der Videobilder werden Zeitabschnitte auf Basis des Fahrplans innerhalb des Erhebungszeitraums definiert, an deren Beginn und Ende jeweils anzunehmen ist, dass das Fahrzeug leer ist (Ausnahme: 1 Fahrpersonal). Das ggf. an diesen Punkten bereits oder noch im Fahrzeug befindliche Fahrpersonal wird dann am Beginn bzw. Ende des Zeitabschnitts gesondert als Besatz vor/nach dem Zeitabschnitt berücksichtigt. Dabei ist sicherzustellen, dass zu allen Halten innerhalb des definierten Zeitabschnittes auswertbare Videobilder vorliegen. Bei fehlerhaften oder fehlenden Daten ist eine Entscheidung zu treffen, ob diese für die betreffende Tür und damit die gesamte betreffende Fahrt zu verwerfen ist oder – insbesondere bei notwendiger Besatzermittlung – der gesamte Erhebungstag zu verwerfen ist.

Jeder Zeitabschnitt erhält eine eindeutige Nummer. Des Weiteren werden Kopfdaten erfasst, welche folgende Daten enthalten:

— Datum

— Zählfahrzeug

— Zeit von/bis

— Umlauf laut Fahrplan

— Türnummer.

Der Datenbereich unterscheidet sich grundsätzlich nicht von dem aus der manuellen Zählung. Es gibt jedoch im Falle des Verzichts auf Zuordnung auf Fahrplandaten folgende Unterschiede:

— eJder Haltestelle wird zusätzlich eine Sequenznummer bzw. ein „Lesezeichen“ und der Zeitbereich von/bis zugeordnet, um das spätere Auffinden der dazugehörigen Videobilder zu ermöglichen bzw. zu vereinfachen

— Die Haltestellen sind nicht Fahrten zugeordnet

— Es erfolgt auch keine Behandlung von Endhaltestellen z. B. zum Ausgleich des Wartesaaleffekts.

13.3.3.9 Qualitätssicherung

Da die Ergebnisse der manuellen Vergleichszählung im statistischen Sinne als „fehlerfrei“ zu betrachten sind, ist das „Video-Zählpersonal“ auf die speziellen Bedingungen der Videobildauswertung einzuweisen.

Die Videoaufzeichnungen sollten für eventuelle nachträgliche Auswertungen aufbewahrt und archiviert werden, sofern dem keine datenschutzrechtlichen Bestimmungen entgegenstehen. Alternativ können im Rahmen der Videoauswertung erstellte manuelle Zählunterlagen archiviert werden. In diesem Fall wird o. g. Variante des „4-Augen-Prinzips“ empfohlen. Damit liegt die Videoaufzeichnung als prüfbare Aufzeichnung im Projektverlauf jederzeit vor, eine mit allen Partnern abgestimmte Löschung bzw. Vernichtung der Aufzeichnungen erfolgt nach Projektende. Der AFZ-Hersteller kann im Falle von Zweifeln am manuellen Zählergebnis der Videoauswertung die Videoaufzeichnungen und die zugehörigen manuellen Aufzeichnungen zur Kontrolle einsehen.

Für die Pkm-Auswertung gelten die Regelungen gemäß 13.2.1. Die so ermittelten Besatzzahlen „AFZS“ (aus den AFZS-Rohdaten) und „Videoauswertung“ (aus den manuellen Vergleichszählungen auf Basis der Videoaufzeichnung) werden einheitlich mit den Soll-Entfernungen auf Basis der hinterlegten Solldistanzen multipliziert. Sollten Soll-Entfernungen aus Fahrplandaten nicht vorliegen, kann auf Ist-Entfernungen des AFZS zurückgegriffen werden.

In jedem Fall muss gewährleistet sein, dass für die Pkm aus „AFZS“ und die Pkm aus „Videoauswertung“ identische Entfernungsangaben verwendet werden. Darüber hinaus wird sichergestellt, dass nur paarweise vorliegende Haltestellen (sowohl Werte aus „AFZS“ als auch Werte aus „Videoauswertung“) in die Auswertung Pkm eingehen. Im Falle negativer Besetzungen erfolgt keine paarweise Pkm-Ermittlung (siehe Kapitel 13.2.1).

13.3.3.10 Zusammenfassende Prozeßbeschreibung

Übergreifend und ergänzend gelten die Vorgaben zur Prozeßbeschreibung und Anforderungen für die zu liefernden Daten für videobasierte Vergleichszählungen gemäß Anlage 8.“

14 Anlage 3: Regelkatalog zur Systemabnahme Hintergrundsystem

14.1 Zielsetzung

Es besteht mit der Systemabnahme die Aufgabe, die mit dem Lastenheft bzw. daraus abgeleitet mit dem Pflichtenheft definierten Spezifikationen und Funktionen eines AFZS-Hintergrundsystems (AFZS-HGS) zu prüfen.

Die nachstehenden Regelungen beziehen sich primär und unverändert auf die Merkmale bzw. Merkmalsrealisationen Verkehrsmenge (P) und Verkehrsleistung (Pkm) als originäre AFZS Messobjekte bzw. Berechnungsgrößen. Bei einer Diversifizierung nach Objektkategorien (Fahrräder) und einer Separierung nach Messobjekten im Hintergrundsystem können die nachstehenden Regelungen sinngemäß und unter Berücksichtigung der gegenüber der Personenzählung veränderten Schranken zur Messgenauigkeit übergangsweise auch für die Systemabnahme von AFZS-Hintergrundsystemen auf Basis von Objektkategorien verwendet werden.

Die im Folgenden genannten Abnahmekriterien stellen im Sinne einer Expertenempfehlung eine Richtlinie für Prüfkriterien dar, die jeweils in Abhängigkeit von der Systemarchitektur und der Aufbau- und Ablauforganisation eines automatischen Fahrgastzählsystems projektspezifisch auszugestalten und anzuwenden sind. So können z. B. bei einer 100 % Ausstattungsquote die Prüfschritte zur Messfahrtenplanung entfallen.

Unter Maßgabe dieser projektspezifischen Ausgestaltung und Erforderlichkeit ergeben sich folgende Empfehlungen für notwendige Prüfinhalte:

a) Datenexport und –import für Soll- und Ist-Daten

b) Messfahrtenplanung

- Stichprobenplanung
- Zufällige Auswahl der Messfahrten
- Disposition Messfahrten im Fahr- bzw. Umlaufplan

c) Kontrolle/Korrektur der Messfahrten (Monitoringfunktion)

d) Hochrechnung

e) Weitere Funktionen

- Güteprüfung der Zähldaten P/Pkm
- Transformationsquote
- Übernahme der Information zu manuellen Zählungen

f) Rezertifizierung der Messgenauigkeit

Diese systemneutrale Darstellung berücksichtigt keine spezifischen Formen der Aufbau- und Ablauforganisation beim Einsatz von AFZS. Für spezifische Fälle sind die Prüfschritte an spezifische Ausprägungen (z. B. Verwendung von abgesetzten Clients) anzupassen.

Mit der Systemabnahme soll auf Basis von realen Werten bzw. von Referenzdaten geprüft werden, inwieweit über die gesamte Prozesskette erwartungstreue Schätzwerte für die Grundgesamtheit der Verkehrsmenge und Verkehrsleistung in der definierten Aufbau- und Ablauforganisation und der daraus resultierenden Systemarchitektur erzeugt werden.

Neben den inhaltlichen und funktionalen Anforderungen an das AFZS-Hintergrundsystem selbst sind in Form von Referenzanwendungen, insbesondere die Schnittstellen zur Soll- und Ist-Datenversorgung des AFZS-HGS und das funktionale Zusammenwirken zwischen AFZS-HGS und den Verkehrsunternehmen zu testen.

Diese gesamte Prozesskette ist im Rahmen der Systemabnahme bis zur Hochrechnung durch einen Sachverständigen zu überprüfen.

Das Ergebnis dieser Systemabnahme ist Voraussetzung für die formale Systemabnahme.

14.2 Szenarien zur Systemabnahme

14.2.1 Prüfinhalte

Die Übersicht der Prüfinhalte und die Verweise auf die Behandlung im Regelkatalog ergeben sich aus **Tabelle [4].**

Lfd. Nr.	Inhalt	Siehe Abschnitt
1	**Datenexport und -import für Soll- und Ist-Daten Hochrechnungs- bzw. Auswertungssoftware**	**14.2.2.1**
1.1	Übernahme Soll-Daten (nach VDV 457.3 i.V.m. VDV 452)	
1.2	Übernahme Ist-Daten (nach VDV 457.3)	
1.3	Übernahme Daten nach VDV 457.4	
1.4	Übernahme Daten nach VDV 457.5	
2	**Datenpflege Software für Stichproben- und Messfahrtenplanung**	**14.2.2.1**
2.1	Einpflege der statistischen Parameter der Erhebungsperiode	
2.2	Pflege von Schichtung für Stichprobenplanung	
2.3	Anlegen Betriebshöfe	
2.4	Fahrzeugverwaltung	
3	**Datenexport und -import für Soll- und Ist-Daten Datenmanagementsoftware**	**14.2.2.1**
3.1	Übernahme Soll-Daten (nach VDV 452)	
3.2	Übernahme AFZ-Rohdaten/Zähldaten (nach VDV 457.2)	
3.3	Übernahme Daten nach VDV 457.5 (für Transformation)	
3.4	Export Soll-Daten (nach VDV 457.3 i.V.m. VDV 452)	
3.5	Export Ist-Daten (nach VDV 457.3)	
4	**Datenmanagementsoftware**	**14.2.1**
4.1	Rohdatenprüfung	
4.2	Rohdatentransformation (Erzeugung Zählfahrten aus AFZ-Rohdaten)	

4.3	Fehlererkennung, Plausibilitäts- und Güteprüfung	
4.4	Parametrisierung Rohdatentransformation	
4.5	Datenpflege Systemdaten	
4.6	Übergreifende Funktionen (Benutzerverwaltung, Datenarchivierung, Datenbankanbindung, Protokollierung)	
5	**Messfahrtenplanung**	**14.2.2.2**
5.1	Berechnung einer Stichprobe	
5.2	Zufällige Auswahl der Messfahrten	
5.3	Disposition Messfahrten im Fahr- bzw. Umlaufplan	
6	**Kontrolle/Korrektur Messfahrtenplanung**	**14.2.2.3**
6.1	Warnung bei möglicher Nichtsättigung der Stichprobe	
6.2	Bewertungsverfahren der ausgefallenen Fahrten	
6.3	Neue Umlaufliste	
7	**Prüfen erwartungstreuer Schätzer**	**14.2.2.4**
7.1	Ermittlung der statistischen Kenngrößen	
	• Relativer Stichprobenfehler zum Mittelwert	
	• Variationskoeffizient	
	• Konfidenzintervalle der Schätzwerte	
7.2	Prüfung erwartungstreue Schätzer P/Pkm in Prozesskette	
8	**Sonstige Funktionen**	**14.2.2.5**
8.1	Transformationsquote	
8.2	Übernahme von Informationen zu manuellen Zählungen	
9.	**Prüfschritt Rezertifizierung Messgenauigkeit**	**14.3**

Tabelle [4] Prüfinhalte

Diese aus der jeweiligen Aufbau- und Ablauforganisation resultierenden spezifischen Prüfschritte sind den nachstehend aufgeführten generellen Abnahmeszenarien zuzuordnen.

14.2.2 Beschreibung

14.2.2.1 Testszenario Datenexport und –import für Soll- und Ist-Daten

Hierzu erfolgt die Prüfung für die korrekte Übernahme der Soll-Fahrpläne in einer realen Anwendung und der Ist-Daten in einer Referenzanwendung für einen Zeitraum von mindestens 1 Woche innerhalb der Systemabnahme nach den Kriterien Vollständigkeit und Konsistenz. Die weiteren jeweils relevanten Prüfinhalte gemäß 14.2.1 sind unter Berücksichtigung der spezifischen Systembedingungen bzw. Aufbau- und Ablauforganisation einzuordnen.

Es ist mit der Systemabnahme nachzuweisen, dass die Überprüfung der geforderten Prüfinhalte auf Grundlage der realen Datenlage erfolgt ist. Im Einzelfall behält sich der Auftraggeber die Übergabe von modifizierten Ist-Daten mit entsprechenden fehlerbehafteten Daten vor, die in einer gesonderten Testanwendung vom System zu erkennen und demgemäß zu behandeln sind.

14.2.2.2 Testszenario Messfahrtenplanung

Für die Abnahme des Hintergrundsystems wird der Teil Messfahrtenplanung mit den internen Funktionen zur

a) Berechnung einer Stichprobe (Anzahl der notwendigen Messfahrten im definierten Erhebungszeitraum) nach vorgegebenen Berechnungsgrößen für die betreffenden Verkehrsunternehmen insgesamt nach den Vorgaben

- Stichprobenfehler
- Statistische Sicherheit
- Variationskoeffizienten (relative Streuung) sowie
- Grundgesamtheit (Anzahl der Sollfahrten im Erhebungszeitraum)

b) Zufällige Auswahl der Messfahrten

c) Disposition Messfahrzeuge (einschließlich aller Schnittstellen)

in einem Testlauf mit Anlegen einer Stichprobe geprüft.

Zu a) Stichprobe

Durch den Auftraggeber bzw. den Sachverständigen ist die Berechnung zur Anzahl der notwendigen Messfahrten im definierten Erhebungszeitraum nach den vorgegebenen Berechnungsgrößen und statistischen Parametern (Stichprobenfehler, statistische Sicherheit, Variationskoeffizienten sowie Grundgesamtheit) im Erhebungszeitraum zu prüfen und mit der Testierung eine verbindliche Aussage zur Einhaltung der statistischen Anforderungen für den Teil Stichprobenplanung zu erstellen.

Die Abnahme ist zu bestätigen, wenn die berechnete Stichprobe sachgerecht auf Grundlage der vorgegebenen Parameter - maximal zulässiger Stichprobenfehler, Signifikanzniveau und Variationskoeffizient - der jeweiligen Grundgesamtheit sowie nach der definierten Schichtungsstruktur berechnet wurde.

Zu b) Zufällige/gleichwahrscheinliche und proportionale Auswahl der Messfahrten

Im Rahmen der Abnahme sind die für die Stichprobe ausgewählten Messfahrten hinsichtlich Zufälligkeit der Auswahl bzw. Einhaltung einer gleichen Auswahlwahrscheinlichkeit und auf die zeit- und mengenproportionale Auswahl zur Grundgesamtheit (Gesamtheit aller Fahrten im Erhebungszeitraum) zu prüfen.

Damit ist zu prüfen, ob alle Fahrten mit einer gleichen Auswahlwahrscheinlichkeit in die Stichprobe gelangen. Gleichzeitig ist zu prüfen, ob die je nach betrieblichen Bedingungen durch den Auftraggeber bereitgestellten Informationen zu Erhebungseinschränkungen durch Bau-, Veranstaltungs- und sonstige Maßnahmen bei der Verteilung der ausgewählten Messfahrten berücksichtigt werden.

Bei diesem Teil der Abnahme ist im Rahmen einer mathematisch-statistischen Untersuchung Form und Strenge des Zusammenhanges zwischen Soll- und Zählfahrten mit Regressions- und Korrelationsrechnungen zu ermitteln und zu prüfen, ob die in der Grundgesamtheit der Sollfahrten vorhandene Struktur mindestens nach Linien, Linienvarianten, Tagesart- und Zeitschichten sowie saisonalen Schichten auch in der Stichprobe mit den ausgewählten Zählfahrten schichtadäquat umgesetzt wurde.

Die Daten in der entsprechenden Struktur nach Soll- und Ist-Fahrten in der Diversifizierung nach den vorgenannten Schichtungsmerkmalen sind vom Anbieter des Hintergrundsystems an den Auftraggeber bzw. Sachverständigen zu übergeben.

Für den Fall einer signifikanten Abhängigkeit zwischen Soll- und Zählfahrten, ausgedrückt durch den Korrelationskoeffizienten r in der Form r > 0,8 > Zufallshöchstwert des Korrelationskoeffizienten r_z wird die zufällige, gleichwahrscheinliche und proportionale Auswahl der Zählfahrten bestätigt. Das beinhaltet die Prüfung, ob zwischen der zeitlichen Struktur der Sollfahrten und der ausgewählten Messfahrten ein statistisch gesicherter Zusammenhang besteht.

Zu c) Disposition Messfahrten im Fahr- bzw. Umlaufplan

Hier wird geprüft, ob die für die Stichprobe zufällig ausgewählten Fahrten bzw. Umläufe unter Beachtung aller Restriktionen zur Verwaltung der Fahrzeugverfügbarkeit hinsichtlich Ausstattungsumfang, Verfügbarkeit, Standortverteilung bzw. sonstigen Beschränkungen in die bestehenden Fahr- bzw. Umlaufpläne eingeordnet und betrieblich umgesetzt werden können. In der Abnahme werden weiterhin Änderungen in der Fahrzeugverfügbarkeit, Änderung der Solldaten und von Parametern simuliert und die Reaktion des Systems getestet.

14.2.2.3 Kontrolle/Korrektur der Messfahrtenplanung

Analog zur Abnahme Messfahrtenplanung wird für die Abnahme im Teil „Kontrolle/Korrektur der Messfahrten“ die Nichterfüllung von Zählfahrten nach Schichten sowie das Anlegen einer demgemäß neu erstellten Liste für die Zählfahrten entweder auf Basis tatsächlicher Ereignisse oder ansonsten durch Löschung von Zählfahrten simuliert.

Abnahmekriterien sind dabei

— Erkennen einer solchen Situation mit einem noch verfügbaren Zeitraum für notwendige Reaktionen

— Statistische Bewertung der ausgefallenen Fahrten hinsichtlich ihrer Relevanz zur schichtkonformen und zur Grundgesamtheit proportionalen Erfüllung der Stichprobe und

— Erstellen einer neuen Umlaufliste für eine nunmehr bewertete Auswahl der Fahrten zur vollständigen schichtkonformen Erfüllung des Stichprobenplanes.

In der Abnahme sind die vom Anbieter des AFZS-HGS vorgenommenen Berechnungen zur statistischen Bewertung der ausgefallenen Fahrten, auf deren Grundlage die Auswahl für die Einordnung in die neue Umlaufliste erfolgt sowie die damit mögliche Sättigung der ursprünglichen Stichprobe nach Größe und Schichtungsmerkmalen, zu überprüfen.

In diesen Testszenarien kann somit auch - abhängig von der jeweiligen Aufbau- und Ablauforganisation - das funktionale Zusammenwirken unterschiedlicher Organisationseinheiten eines Verkehrsunternehmens bzw. Verantwortungsebenen in einem Verkehrsverbund in einem ganzheitlichen automatischen Fahrgastzählsystem getestet werden.

Das umfasst:

— Übergabe Vorgabe Messfahrtenplanung AFZS-HGS

— Disposition im Verkehrsunternehmen mit Protokollierung

— Feedback-Funktion zum AFZS-HGS mit Realisierungsstatus

— Monitoring AFZS-HGS auf Basis Realisierungsstatus

— Abschätzung zum Sättigungsgrad der Stichprobe

— Statistische Bewertung der ausgefallenen Fahrten

— Übergabe neue Vorgabe Messfahrtenplanung AFZS-HGS

— Disposition im Verkehrsunternehmen mit Protokollierung

— Feedback-Funktion zum AFZS-HGS mit Realisierungsstatus

14.2.2.4 Prüfen erwartungstreuer Schätzer

Für die Abnahme der Prozesskette und damit für alle Stufen der Zähldatenaufbereitung (Plausibilitätsprüfungen, Transformation sowie Saldenausgleich und Hochrechnung) ist in diesem Testszenario die Erreichung statistisch gesicherter Schätzwerte (Verkehrsmenge, Verkehrsleistung) für einen definierten Zeitraum über alle Stufen der Prozesskette im Vergleich zu einer statistisch konsistenten manuellen Hochrechnung von der Stichprobe auf die Grundgesamtheit nachzuweisen. Können Daten aus Vergleichszählungen nicht bereitgestellt werden, ist ein Datenbestand aus bereits erhobenen Fahrten für die Prüfung heranzuziehen.

Bestandteil dieses Prüfschrittes ist der Test zur Abweichung der Ergebnisdaten der Vergleichszählung zum Ergebnis nach Durchlaufen aller Stufen der Prozesskette.

Für die Hintergrundsysteme als Bestandteil der Prozesskette und damit für die Stufen

— Rohdatenprüfung und –transformation

— Zähldatenaufbereitung (Saldenausgleich)

— Hochrechnung

wird ein Testszenario auf Basis der Daten der Vergleichszählung zur Messgenauigkeit für die Kenngrößen P und Pkm in der nachfolgend beschriebenen Form verwendet.

<u>Referenzwerte</u>

Die Referenzwerte zur Messgenauigkeit für die Kenngrößen P und Pkm ergeben sich aus der Vergleichszählung zur Prüfung der Messgenauigkeit. Die Testierung der Messgenauigkeit bildet originär die Prüfung der Einhaltung der Messgenauigkeit an den Sensoren ohne weitere Bearbeitungsschritte (z. B. Saldenausgleich) ab und ist für die abschließende Bewertung zur Verwendung der Daten als erwartungstreue Schätzwerte nicht hinreichend.

Prüfschritt 1

Berechnung der aus der Stichprobe zur Vergleichszählung ermittelten Verkehrsmenge/Verkehrsleistung der AFZ über alle Stufen der Prozesskette mit dem Ziel, den Nachweis zur Erreichung erwartungstreuer Schätzwerte für die Kenngrößen P/Pkm bezogen auf einen definierten Zeitraum (z. B. Zählperiode) bzw. eine räumliche Ausprägung (z. B. Tarifzone) nach Durchlauf aller Berechnungsschritte in der Prozesskette auf Basis von AFZS-Daten zu führen

Stufe 1.1 Übernahme der Rohdaten

Stufe 1.2 Güteprüfung

Stufe 1.3 Transformation (Transformationsquote)

Stufe 1.4 Saldenausgleich

Stufe 1. 5 Hochrechnung

Stufe 1.6 Berechnung der erwartungstreuen Schätzwerte P und Pkm im Kontext mit Aussagen zu statistischen Kenngrößen

- Stichprobenfehler

- Obere und untere Grenzen der Konfidenzintervalle
- Variationskoeffizient (Mittelwerte/relative Streuung)

Prüfschritt 2

Es wird darauf abgestellt, dass entweder aus einer Vergleichszählung oder aus einer anderen Stichprobe konsistente AFSZ-Daten für einen definierten Zeitraum zur Verfügung stehen, die nunmehr mit dem Hintergrundsystem auf die Grundgesamtheit hochgerechnet werden sollen. Fehlerhafte Datensätze sind sowohl für die manuelle als auch für die automatische Hochrechnung zu eliminieren.

Mit diesem Prüfschritt erfolgt eine Verprobung der mit dem AFZS-HGS berechneten Ergebnisse nach Durchlauf aller Berechnungsschritte einschließlich Saldenausgleich mit dem Ergebnis einer statistisch konsistenten manuellen Hochrechnung von der Stichprobe auf die Grundgesamtheit.

Dazu sind die über das HGS nach Saldenausgleich hochgerechneten AFZS-Daten (P und Pkm) mit den manuell hochgerechneten AFZS-Daten für P und Pkm zu vergleichen.

Dabei wird für den auf den Bezugszeitraum (z. B. Erhebungszeitraum) hochgerechneten Wert der im AFZ-HGS verarbeiteten technisch gezählten AFZ-Daten aus der Stichprobe der Vergleichszählung das Konfidenzintervall anhand des berechneten Stichprobenfehlers gebildet. Das Konfidenzintervall darf maximal +/-5 % betragen, ansonsten ist eine Vergrößerung der Stichprobe notwendig.

In gleicher Weise wird für die manuell hochgerechneten Werte der AFZS-Daten der Stichprobe der Vergleichszählung das Konfidenzintervall anhand des berechneten Stichprobenfehlers gebildet. Das Konfidenzintervall darf auch hier maximal +/-5 % betragen, ansonsten ist eine ergänzende nachträgliche Vergrößerung der Stichprobe notwendig.

Abnahmekriterium

Es ist nachzuweisen, dass der aus der Verprobung mit dem Hintergrundsystem berechnete erwartungstreue Schätzwert der Hochrechnung zu dem aus der manuellen Hochrechnung ermittelten erwartungstreuen Schätzwert maximal zulässig +/-5 % abweichen darf.

14.2.2.5 Sonstige Funktionen

14.2.2.5.1 Transformationsquote

Es ist auf Basis der realen Datenlage aus der Systemabnahme die Berechnung und die Einhaltung der geforderten Transformationsquote vorzunehmen. Die Berechnung der Erfüllungsquote erfolgt nach folgender Rechenvorschrift:

$$E_{TQ} = \frac{F_{ADHGS}}{F_{RDÜ}} \times 100\%$$

E_{TQ} Erfüllung der Transformationsquote

F_{ADHGS} Anzahl der erkannten, hinsichtlich aller Prüfkriterien fehlerfreien Zählfahrten eines Fahrzeugs je Zeiteinheit

$F_{RDÜ}$ Anzahl der tatsächlich durchgeführten Sollfahrten eines Fahrzeugs je Zeiteinheit

Es wird eine Transformationsquote ≥ 95 % empfohlen.

14.2.2.5.2 Übernahme der Information zu manuellen Zählungen

Es ist nachzuweisen, dass Daten aus manuellen Zählungen in Vergleichszählungen bzw. manuelle Zählungen als ergänzende Zählungen zu automatischen Zählungen (z. B. aus betrieblichen Gründen über die jeweiligen spezifischen Schnittstellen externe Zähldaten vollständig übernommen) als externe Zähldaten gekennzeichnet und als erwartungstreue Schätzwerte nach einem einheitlichen Verfahren hochgerechnet werden können.

14.3 Rezertifizierung Messgenauigkeit über Daten aus dem Hintergrundsystem

14.3.1 Aufgabenstellung

Die Ersttestierung der Messgenauigkeit von AFZS erfolgt auf Basis der Vorgaben im Regelkatalog zur Testierung der Messgenauigkeit im Ergebnis einer manuellen Vergleichszählung mit der Inbetriebnahme und Systemabnahme der AFZS bzw. ereignisbezogen bei Handlungsbedarf im Verlauf der produktiven Nutzung. Hierzu ist auf Anlage 2 „Regelkatalog zur Testierung der Messgenauigkeit“ zu verweisen.

Insbesondere bei der Verwendung von AFZS-Daten im Rahmen der Einnahmenaufteilung in den Verkehrsverbünden wird der Anspruch formuliert sicherzustellen und kontrollieren zu können, dass die AFZS-Daten auch nach erfolgter Systemabnahme im produktiven Betrieb in der originär testierten Messgenauigkeit vorliegen.

Eine laufende Kontrolle zur Einhaltung der Messgenauigkeit mit den Tests auf globale Unverzerrtheit, Einzelabweichung und statistische Unverzerrtheit auf Grundlage des Regelkataloges zur Testierung der Messgenauigkeit und dazu adäquater Vergleichszählungen ist auf Grund der Fallzahlen der Haltestellentürereignisse für eine statistisch gesicherte Vergleichszählung wirtschaftlich nicht darstellbar.

Um vor allen bei der Verwendung von AFZS-Daten in der Einnahmeaufteilung diesem Anspruch näher zu kommen, besteht das Ziel ein Verfahren zur laufenden Kontrolle der Messgenauigkeit auf Grundlage der aus den AFZS-Hintergrundsystemen verfügbaren automatisch gezählten Ein- und Aussteigern je Fahrt nach den nachfolgend dargestellten mathematisch-statistischen Vorgaben als Modell zur Rezertifizierung der Messgenauigkeit zu implementieren.

Ziel ist die Installation eines automatischen Prüfverfahrens im AFZS-Hintergrundsystem mit dem auf Basis von ohnehin vorhandenen Daten für Fahrzeuge, Fahrten sowie automatisch gezählte Ein- und Aussteiger und geeignete Verfahren ohne gesonderte Vergleichszählungen eine Kontrolle der Messgenauigkeit im laufenden Betrieb im Sinne einer Rezertifizierung erfolgen kann. Die Installation im AFZS-Hintergrundsystem ist nicht zwingend. Es ist zulässig, dieses Verfahren in einer gesonderten Software zu implementieren bzw. durch externe Gutachter realisieren zu lassen.

14.3.2 Mathematisch-statistischer Ansatz

Ziel ist die Implementierung eines mathematisch-statistischen Verfahrens im HGS, welches den im Rahmen der Ersttestierung auf Basis von automatisch und manuell gezählten Fahrgästen mit den Tests auf globale Unverzerrtheit, Einzelabweichung und statistische Unverzerrtheit ermittelten funktionalen Zusammenhang, nunmehr auf den mathematisch-statistischen Zusammenhang zwischen automatisch gezählten Ein-/Aussteigern je Fahrt aus dem AFZS HGS transformiert.

Es wird dabei von dem empirisch geprüften Ansatz ausgegangen, dass sich die Rahmen der Erstzertifizierung mit dem Nachweis der statistischen Unverzerrtheit geprüfte Form und Strenge des Zusammenhanges zwischen automatisch bzw. manuell gezählten Einsteigern und Aussteigern je Fahrt, die nachträglich als Referenzfunktion zu berechnen ist, auch für im laufenden Betrieb für automatisch gezählte Ein- und Aussteiger auf Basis einer Prüffunktion ergeben muss.

Dabei ist die Aussage zur damit ermittelbaren Genauigkeit und Anwendbarkeit des Verfahrens zu relativieren. Die Genauigkeit der aus der Rezertifizierung ermittelten Aussage zur Messgenauigkeit kann nicht adäquat zu den Aussagen aus der Ersttestierung der Messgenauigkeit klassifiziert und auch nicht unbegrenzt verwendet werden. Ein mit der Rezertifizierung festgestelltes Ergebnis, dass aus der Prüffunktion auf Basis der automatisch gezählten Ein und Aussteiger ein zur Referenzfunktion hinsichtlich Form und Strenge des Zusammenhanges signifikanter Bezug besteht, kann lediglich als Synonym für eine erfolgreiche Rezertifizierung d.h. für eine unveränderte Qualität der Messgenauigkeit im Status laufender Betrieb im Vergleich zum Status der Erstzertifizierung und ohne quantitative Ausprägung interpretiert.

Insofern sollte die zeitliche Länge zur Anwendung des Verfahrens auf max. 8 Jahre begrenzt werden. Danach und im Fall von Abweichungen muss eine erneute Testierung auf Basis einer Vergleichszählung nach Regelkatalog zur Testierung der Messgenauigkeit erfolgen.

14.3.3 Ablauf der Rezertifizierung

Für die Rezertifizierung der Messgenauigkeit auf Basis von automatisch gezählten Einsteigern und Aussteigern aus dem Hintergrundsystem (HGS) gelten die nachfolgenden grundsätzlichen Bedingungen:

Schritt 1: Referenzfunktion aus Ersttestierung (Bereitstellung durch Ersttestierer)

Aus der erfolgreichen Erstzertifizierung zur Messgenauigkeit nach den Schranken

- Test auf globale Unverzerrtheit
- Test auf Einzelabweichung (Haltestellentür- bzw. Haltestellenereignis)
- Test auf statistische Unverzerrtheit auf Basis Äquivalenztest

auf Basis einer manuellen Vergleichszählung nach den Vorgaben gemäß **Anlage 2** „Regelkatalog zur Prüfung und Testierung der Messgenauigkeit“ der VDV-Schrift 457, Version 2.1 bzw. Version 2.2/2023, und damit auf Basis einer Stichprobe mit mindestens 6.000 Haltestellentürereignissen unter Berücksichtigung

- des Anwenderrisikos (Fehler 1. Art) mit 5% bzw.0,05
- des Herstellerrisikos (Fehler 2. Art) mit 5 % bzw. 0,05
- der statistischen Sicherheit mit 95% bzw. 0,95
- der zulässigen Streuung der Messfehler mit 20% bzw. 0,2
- einer globalen Unverzerrtheit von + / - 1% bzw. 0,01
- des zulässigen Äquivalenzbereichs von + / - 1,5% bzw. 0,015

ist für die Merkmale

- automatisch gezählte Einsteiger (E) je Fahrt vor Saldenausgleich
- automatisch gezählte Aussteiger (A) je Fahrt vor Saldenausgleich

die Form des Zusammenhanges mittels einer linearen Regressionsfunktion zu berechnen.

Nach Prüfung der Strenge und des zufallsfreien Zusammenhanges auf Basis des Korrelationskoeffizienten $r_{EA} > 0{,}8$ sowie $r_{EA} > r_z$ (Zufallshöchstwert Korrelationskoeffizienten) wird diese lineare Regressionsfunktion als **Referenzfunktion** der Erstzertifizierung in einer Diversifizierung nach

- Verkehrsarten (Bus, Straßenbahn, U-Bahn, S-Bahn, Regionalbus)
- Fahrzeugkategorien (Fahrzeuge gleichen Typs und identischer Türtypen)
- Sensortypen und
- Firmware-Version

verwendet.

Ein Korrelationskoeffizient in Höhe von $r_{EA} > 0{,}8$ gilt empirisch als hinreichend strenger Zusammenhang zwischen 2 Merkmalen. Der Zufallshöchstwert des Korrelationskoeffizienten ist abhängig vom Freiheitsgrad (Anzahl der Wertepaare bzw. Klassen) und vom gewählten Signifikanzniveau und kann Tabellen für Zufallshöchstwerte des Korrelationskoeffizienten entnommen werden. Hierzu wird auf P. H. MÜLLER, P. NEUMANN, R. STORM, (1979) verwiesen.

Diese Berechnungen sind vom Auftraggeber der Rezertifizierung dem Auftragnehmer des AFZS-Hintergrundsystems (AN) zur Verfügung zu stellen.

Schritt 2: Prüffunktion aus Rezertifizierung (ab hier Leistung AN für Rezertifizierung /Dienstleister)

In der zur Referenzfunktion analogen Diversifizierung nach

- Verkehrsarten (Bus, Straßenbahn, U-Bahn, S-Bahn, Regionalbus)
- Fahrzeugkategorien (Fahrzeuge gleichen Typs und identischer Türtypen)
- Sensortypen und
- Firmware-Version (Nur wenn Software geänderte Parameter für E/A-Erkennung hat.)

sind auf Basis der im Hintergrundsystem vorhandenen automatisch gezählten Ein- und Aussteiger aus verwertbaren und gültigen Fahrten vor Saldenausgleich Form, Strenge und Zufallsunabhängigkeit des Zusammenhanges der Merkmale Einsteiger (E) und Aussteiger (A) zu berechnen und einschließlich aller Berechnungsgrößen als **Prüffunktion** mit dazu gehörigen Korrelationskoeffizienten auszuweisen. Dabei müssen die Anzahl der Prüffahrten und die daraus genierten Haltestellentürereignisse größer sein, als die Mindestgröße der Stichprobe der manuellen Vergleichszählung zur Ersttestierung. Diese umfasst auf Basis der Vorgaben auf Basis der VDV-Schrift 457 2.1 bzw. 2.2 im Schritt 1 mindesten 6.000 Haltestellentürereignisse (HTE). Im Falle älterer AFZS kann die Mindeststichprobengröße nach VDV-457 2.0 berechnet werden.

Schritt 3: Prüfung der Form des statistischen Zusammenhanges zwischen Prüf- und Referenzfunktion

Wenn Referenz- und Prüffunktion mit einer nachgewiesenen zufallsunabhängigen Strenge des Zusammenhangs auf Basis der Maßzahlen Korrelationskoeffizient bzw. Bestimmtheitsmaß jeweils in Form linearer Regressionsfunktionen vorliegen, kann auf den zusätzlichen Signifikanztest (Chi-Quadrat-Test) verzichtet werden. Im Falle von Unsicherheiten für die Bestätigung des statistischen Zusammenhanges zwischen Referenzfunktion und Prüffunktion, als Indikator für eine erfolgreiche Rezertifizierung der Messgenauigkeit, ist mit einem statistischen Signifikanztest (z.B. Chi-Quadrat-Anpassungstest) zu prüfen, dass die empirische Verteilung der Messwerte aus der Prüffunktion der Verteilung in der Referenzfunktion entspricht und damit gleiche lineare Funktionen vorliegen.

Schritt 4: Prüfung der Strenge des statistischen Zusammenhanges der Prüffunktion

Hier ist nach Bestätigung des Zusammenhanges zwischen Prüffunktion und Referenzfunktion die Strenge des statistischen Zusammenhanges der Prüffunktion auf Basis der im Hintergrundsystem gezählten Ein- und Aussteiger als Merkmalsrealisationen der Merkmale Einsteiger (E) und Aussteiger (A) als Korrelationskoeffizient in der Form r_{EA} zu ermitteln.

Schritt 5: Prüfung des zufallsfreien Zusammenhanges

–

Hier ist die Zufallsunabhängigkeit des Zusammenhanges zu prüfen und nachzuweisen, dass dieser ermittelte Korrelationskoeffizient größer als der Zufallshöchstwert des Korrelationskoeffizienten r_z ist. Die Größe des Zufallshöchstwertes des Korrelationskoeffizienten ist abhängig von der gewählten statistischen Sicherheit S und der Klassenanzahl n (Anzahl der Wertepaare) und kann Tabellen entnommen werden

Die Rezertifizierung der Messgenauigkeit wird bestätigt, wenn

- die Signifikanz zwischen Referenz- und Prüffunktion (Schritt 3)

<u>und</u>

- die zufallsunabhängige Form und Strenge des Zusammenhanges der Prüffunktion (Schritte 4/5)

nachgewiesen wird.

Für den Fall der Ablehnung sind erforderliche Einzelprüfungen einzuleiten. Das bedeutet, dass das betroffene Fahrzeug (Fahrzeugkategorie) einer erneuten Erstzertifizierung zu unterziehen ist.

In diesem Fall muss eine Prüfung der Messgenauigkeit auf Basis einer manuellen Vergleichszählung nach den dafür zutreffenden Regelungen gemäß VDV-Schrift 457, Version 2.1 bzw. 2.2 **Anlage 2** „Regelkatalog zur Prüfung und Testierung der Messgenauigkeit“ mit dem erneuten Nachweis zur Einhaltung der Vorgaben zur Messgenauigkeit nach den Schranken

- Test auf globale Unverzerrtheit
- Test auf Einzelabweichung (Haltestellentür- bzw. Haltestellenereignis)

- Test auf statistische Unverzerrtheit auf Basis Äquivalenztest

erfolgen.

15 Anlage 4: Rahmenlastenheft

15.1 Vorbemerkungen zum Rahmenlastenheft

Die Basis für eine Ausschreibung von automatischen Fahrgastzählsystemen (AFZS) bildet ein Lastenheft, das alle funktionalen und kostenrelevanten Anforderungen an das System hinsichtlich

— Fahrzeugausrüstung – On Board-Systeme 15.2

— Hintergrundsysteme 15.3

— Datenintegration auf Basis VDV-Datenmodell 15.4

beinhaltet.

Das vorliegende Rahmenlastenheft versteht sich als Unterstützung für die unternehmensspezifische Beschreibung der individuellen Anforderungen an automatische Fahrgastzählsysteme.

Durch einen vereinheitlichten Aufbau von Lastenheften sollen auch Ausschreibungsverfahren für DV-Systeme und für weitere Funktionsbereiche erleichtert werden.

Insbesondere soll damit die Kompatibilität verschiedener Komponenten wie

— On Board-System

— Datenübergabe an das Hintergrundsystem

— Hintergrundsystem

und Anbietern auf Basis einer einheitlichen Anforderungsspezifikation auf der Ebene von Funktionen und definierten Schnittstellen für

— Sensoren / Bordrechner

— Rohdaten / Hintergrundsystem und

— Hintergrundsystem / nachgelagerte Systeme

gesichert werden.

Das Rahmenlastenheft kann und soll nur als Vorlage für ein konkret benötigtes Lastenheft dienen. Es ersetzt nicht die gründliche Analyse der Ausgangsbedingungen und der Zielsetzungen für die Anwendung von AFZS im jeweiligen Verkehrsunternehmen. Es kann in diesem Sinne weder vollständigen noch allgemeingültigen Charakter haben.

Aus den angebotenen Möglichkeiten und Vorgaben müssen die spezifischen Anforderungen des ausschreibenden Verkehrsunternehmens entwickelt werden. Das Rahmenlastenheft steht daher auch in einer Word-Version zur Verfügung.

In diesem Sinne enthält das Rahmenlastenheft neben der Darstellung der Anforderungen auch Anmerkungen, die einem besseren Verständnis dienen, beispielhaften Charakter haben oder die Handhabung erleichtern sollen. Sie sind nicht in das unternehmensspezifische Lastenheft zu übernehmen und sind daher *kursiv* gesetzt.

Dieser und alle weiteren Teile des Rahmenlastenheftes sind immer im Kontext zu den betreffenden Inhalten in den jeweiligen Kapiteln der VDV-Schrift 457 zu sehen.

15.2 Fahrzeugausrüstung – On Board-Systeme

15.2.1 Grundsätzliches / Zusammenhänge / Anforderungen

Die nachfolgenden Darstellungen sind nicht auf am Markt befindliche Produkte bezogen und verstehen sich ausdrücklich produkt- und systemneutral. Insofern besteht die Möglichkeit, die in den Teilen 15.2 "Fahrzeugausrüstung – On Board-Systeme" sowie 15.3 "Hintergrundsystem" genannten funktionalen Anforderungen sowohl dem Fahrzeug (wenn hier z. B. die Versorgung mit den jeweils gültigen Fahrplan- und Netzdaten gegeben ist) wie auch dem Hintergrundsystem zuzuordnen. Dabei ist darauf zu verweisen, dass Differenzen zwischen den Fahrplan bzw. Netzdaten im Fahrzeug und im Hintergrundsystem zu Komplikationen führen können.

Die Fahrzeugausrüstung soll aus einer zentralen Fahrzeuggrundkomponente, dem **AFZ-Bordrechner,** häufig auch AFZ-Bordsteuergerät (AFZBsG) genannt, (vgl. Abkürzungsverzeichnis am Beginn diese Schrift) und einer oder mehreren Komponenten zur Erfassung der Fahrgäste nach dem jeweiligen Stand der Technik bestehen. Der AFZ-Bordrechner überwacht und steuert den Datenaustausch von und zu diesen Komponenten. Diese bestehen im Wesentlichen aus Sensoren bzw. anderen Erfassungssystemen nach dem aktuellen Stand der Technik, die in Abhängigkeit der Beschaffenheit der Fahrzeuge funktionsfähig, sicher und vandalismusresistent anzubringen sind.

Nebem dem AFZ-Bordrechner und den Komponenten zur Erfassung der Ein- und Ausstiegsvorgänge soll die Fahrzeugausrüstung auch eine Komponente zur Übertragung der AFZ-Daten an das landseitige Hintergrundsystem umfassen.

Abbildung 9 zeigt eine prototypische Systemkonfiguration eines AFZS. Damit soll der technische Entwicklungstand jedoch nicht festgeschrieben werden. Innovationen sind jederzeit möglich und erwünscht.
Transformation, Messfahrtenplanung und Hochrechnung sind als Funktionen anzusehen, die in einem einzigen oder verschiedenen Programmmodulen realisiert sein können. Entsprechend ergeben sich ein oder mehrere Schnittstellen.

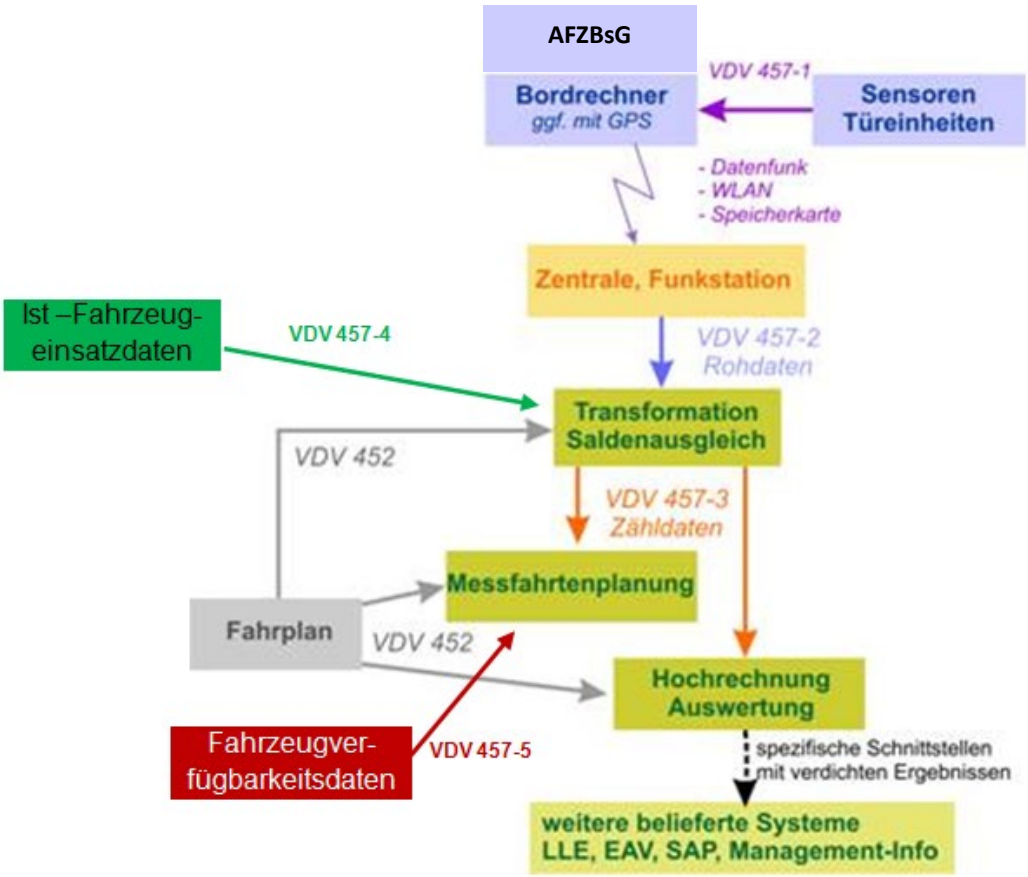


Abbildung 15: Systemkonfiguration

Die jeweiligen Systemkomponenten und Anforderungsspezifikationen sind nachstehend erläutert.

15.2.2 Sensoren / Erfassungssysteme

Die Sensoren / Erfassungssysteme in den Türbereichen bzw. an nach dem Stand der Technik möglichen anderen Messstellen im Fahrzeug haben die Aufgabe, einzelne Ein- und Ausstiegsvorgänge (ausschließlich) von Personen bzw. Zählobjekten richtungsbezogen zu registrieren.

15.2.2.1 Anforderungen

Für die Sensoren / Erfassungssysteme sind mindestens folgende Anforderungsspezifikationen zu erfüllen:

— in vorhandene Türprofile bzw. in anderer geeigneter Form einbaubar

— Erfassung jeder Einzelperson mit der vorgegebenen Zählgenauigkeit

— Erfassung der Richtung (Einstieg oder Ausstieg) je Einzelperson (Richtungsdetektion)

— optimale Ausrichtung und Empfindlichkeit der Erfassung ohne Notwendigkeit einer nachträglichen Justierung, aber mit der Möglichkeit zur Reaktion auf nachträgliche Türtypveränderungen

— vibrationssicher für dauernden Bordbetrieb

— kälte- und wärmeresistent (gemäß den einschlägigen Vorgaben, z. B. VDV 410)

— Ausschluss gegenseitiger Beeinflussung

— Ausschluss von Fehlerquellen (schwankende Lichtverhältnisse, Reflektionen, Nässe, Schnee, Farbwechsel, Wärmestrahlungen, magnetische und elektrische Feldeinflüsse)

— Einhaltung der Messgenauigkeit gemäß den Vorgaben (siehe Teil B) für einen vorzugebenden Zeitraum (z. B. 10 Jahre)

— Einhaltung weiterer Normen, wie Brandschutz, EMV

— Zuordnung der Sensoren zur jeweiligen Tür

15.2.2.2 Erfassungssysteme

Entsprechend den Anforderungen und dem Einsatzzweck können unterschiedliche technische Systeme zur Anwendung kommen. Ihr Einsatz ergibt sich aus den unternehmensspezifischen Anforderungen, der Einhaltung der vorgegebenen Messgenauigkeit und der technischen Verfügbarkeit. Insofern sollen gegenwärtig verfügbare Systeme aufgeführt, aber in Abhängigkeit vom Stand der technischen Entwicklung neue verfügbare Systeme nicht ausgeschlossen werden. Daraus ergibt sich die nachfolgende Übersicht:

Erfassungssysteme	**Einsatz**
Infrarotsensoren	universell
• Aktiv (Reflexion)	
• Passiv (Wärme)	
Optische Erkennungssysteme	abhängig vom Stand der technischen Entwicklung
Lasertechnik	abhängig vom Stand der technischen Entwicklung
Videosysteme	abhängig vom Stand der technischen Entwicklung
Abhängig von Verfügbarkeit und Nachweis der Nutzung für diese Belange:	
Check in- / Check out-Systeme	Systeme zur automatischen Fahrpreisermittlung (Proximity-Technologie gemäß ISO 14443, einschließlich NFC-Systeme und konform zur VDV-Kernapplikation Ausbauvariante 3a)
Be In- / Be out-Systeme	Systeme zur automatischen Fahrpreisermittlung (Raumerfassungstechnologie konform zur VDV-Kernapplikation, Ausbauvariante 3b)

Tabelle [5] Erfassungssysteme

15.2.2.3 Besondere Anforderungen an Videosensoren

Unter Videosensoren werden im Folgenden alle bildgebenden Verfahren bzw. –systeme verstanden, welche eine zweifelsfreie Erkennung einer einzelnen Person bzw. eines definierten

Zählobjekts an sich und in seiner natürlichen Bewegung mindestens in der Qualität von Videotechnologien nach dem heutigen Stand der Technik ermöglichen. und somit Ein- und Aussteiger zählen. Ausdrücklich nicht darunter fallen Systeme, welche eine weitere (software)logische o.ä. Interpretation bedürfen, um festzustellen, dass es sich um eines der o.g. Objekte handelt.

Für Videosensoren gelten zusätzlich zu o. g. Anforderungen folgende Kriterien:

— Anbringung bzw. technische Konfiguration (z. B. Aufzeichnungsart), so dass Gesichtserkennung ausgeschlossen ist

— Vermeidung des Verdeckens von Personen, welche hintereinander ein- oder aussteigen

— Vermeidung des Verdeckens des Sensors durch Anbringung in geeigneter Höhe über dem Messfeld

— Sicherstellung von Einstellungen, dass Verzeichnungen am Erfassungsrand nicht zu einer signifikanten Verschlechterung der Messgenauigkeit führen

Neben der eigentlichen Zählung der Ein- und Aussteiger mit anschließender Bereitstellung der Zählwerte soll das System in der Lage sein, auch Videoaufzeichnungen für z. B. Vergleichszählungen bereitzustellen.

Die Bereitstellung der Videoaufzeichnungen soll separat über einen im Hintergrundsystem oder auf der AFZ-Zentraleinheit oder Türeinheit hinterlegten Parameter mittels Servicesoftware für den Anwender ein- und ausschaltbar sein.

An dieser Stelle wird darauf hingewiesen, dass zusätzliche Kameras, welche für andere Einsatzzwecke im Fahrzeug angebracht bzw. fest eingebaut werden, für zusätzliche Aufzeichnungen bei Vergleichszählungen genutzt werden können. Die Anforderungen an solche operativ eingesetzten Kamerasysteme sind in Kapitel 13.3.3.4 benannt.

Für die Lebensdauer der Videosensoren gelten die gleichen Anforderungen wie für sonstige Sensortypen.

Mit dem Sensor sollte ein separates Ausweisen von Kindern, Fahrrädern, Kinderwagen, Rollatoren, großen Hunden, großen Gepäckstücken, Rollstühlen, getragenen Kindern und Quereinsteigern möglich sein. Diese müssen als Zählwert/-einheit gesondert erfasst, so dass diese Werte dann in den folgenden Schnittstellen (siehe VDV 457-1 bis 457-3) separat übergeben werden können.

15.2.2.4 Sensorgruppen

Bei entsprechend großen Lichtraumprofilen kann es erforderlich werden, mehrere Sensoren zu installieren, die eine Erfassung mehrerer, gleichzeitig ein- und aussteigender Personen gewährleisten. In der Regel sind diese Sensoren in Gruppen je Tür zusammengefasst.

Weitere übergeordnete Sensorgruppen können für den Wagen, bestehend aus mehreren Türen, oder Zugeinheiten, bestehend aus mehreren Wagen, gebildet werden.

15.2.3 Fahrzeugsignale

15.2.3.1 Tür- und Wegsignal

Die Zähltechnik wird nur aktiviert, wenn das Fahrzeug hält und die Türen geöffnet werden (Ein- und Aussteigevorgang). Die Aktivierung endet, wenn die Türen geschlossen werden bzw. sind.

Zur Identifikation dieses Zustandes benötigt das AFZBsG zwingend die Information über beide Kriterien.

Besonderheiten wie z. B.

— Haltestellenhalte ohne Türöffnung und ohne Fahrgastwechsel

— Haltestellendurchfahrten / Bedarfshalte

— Unterwegshalte

— Mehrfachhalte mit zwischenzeitlichem Schließen und Öffnen der Türen an Doppelhaltestellen

— Mehrfaches Anfahren der gleichen Haltestelle während einer Linienfahrt

— Zählung an Übergangs- bzw. Zwischentüren

sind zu berücksichtigen.

Die Berücksichtigung der vorstehenden Besonderheiten kann sichergestellt werden, indem eine zwingende Aufnahme

a. des Wegsignals (Fahrzeug steht bzw. Fahrzeug fährt) und

b. des Türfreigabesignals (Türfreigabe erteilt bzw. Türfreigabe nicht erteilt)

vorgegeben wird.

Der Vorteil der Aufnahme dieser Fahrzeugsignale besteht in der eindeutigen sowohl zeitlichen als auch räumlichen Abgrenzung der fahrgastrelevanten Halte.

15.2.3.2 Türsignal

Die Signale „Tür öffnen“ (= Beginn der Zählung) und „Tür schließen“ (= Ende der Zählung) sind den Erfassungskomponenten (Sensoren) direkt bereitzustellen. Zum Ausschluss von möglichen Latenzen muss dies über direkt an die Erfassungskomponenten (Sensoren) angeschlossenen Türkontakte erfolgen.

Sollte eine Bereitstellung von elektrischen Türöffnungssignalen an den Sensoren nicht möglich sein, kann im Ausnahmefall und nach expliziter Genehmigung des Auftraggebers die Bereitstellung der Türöffnungsinformation stattdessen am AFZS-Bordrechner über ein dafür geeignetes Datenprotokoll erfolgen. Hierzu können in diesem explizit freizugebenden Ausnahmefall entweder die vorhandene Bordtechnik oder gesonderte Türsensoren verwendet werden.

Diese Lösung kann bei Bussen im Stadt- und Regionalverkehr zur Anwendung kommen, sofern die verzögerungsfreie Bereitstellung der Signale abgesichert werden kann.

Die Bereitstellung muss pro Tür erfolgen. Eine oder mehrere Wiederholungsöffnungen an einem Ortspunkt müssen sicher erkannt werden (z. B. im Winterbetrieb). Die Aktivierung der Zählung darf nur bei offenen Türen erfolgen.

Im Falle der Verwendung videobasierter Sensoren (bzw. bildgebender Verfahren – siehe 15.2.2) kann die Ermittlung des Zustands der Türen (offen / geschlossen) über die Softwarelogik der Sensoren erfolgen. Diese Vaiante kann projektspezifisch zur Anwendung kommen, wenn der Zustand der Türen anhand der Bildinformationen eindeutig und sicher ermittelt werden kann.

In diesem Fall kann nach entsprechender Prüfung auf den direkten Anschluss des Türsignals verzichtet werden. Bei der Bewertung der Ausführungsvariante sind mögliche Rückwirkungen auf die geforderte Zählgenauigkeit und die Lebensdauer der Sensoren zu berücksichtigen.

Unabhängig von der Ausführungsvariante muss in jedem Fall sichergestellt werden, dass dem Sensor bzw. der Türkomponente verzögerungsfrei mitgeteilt wird, dass die betreffende Tür geschlossen bzw. nicht geschlossen ist. Hierfür muss die Endlage „Tür geschlossen“ überwacht werden. Damit muss sichergestellt werden, dass bei geschlossener Tür keine Zählung stattfindet.

15.2.4 Zentrale Fahrzeug-AFZ-Komponenten

15.2.4.1 Allgemeine Anforderungen

Der AFZ-Bordrechner überwacht und steuert als zentrale Fahrzeuggrundkomponente den Datenaustausch von und zu den Türkomponenten und führt technisch Überprüfungen der zugehörigen Komponenten durch. Darüber hinaus nimmt er die Fahrzeugsignale auf und steuert den Datenaustausch mit dem AFZ-Hintergrundsystem.

Der AFZ-Bordrechner speichert alle relevanten Daten, erkennt Fehler und Störungen eigenständig und kennzeichnet die betreffenden Zähldaten. Die Fehlermeldungen sollen parallel dazu zeitgleich an die Fahrzeugdiagnose und an das Backoffice übermittelt werden, um fehlerhafte Zählfahrten über einen größeren Zeitraum zu vermeiden.

Im einfachsten Fall sind alle Türsensoren an <u>einen</u> AFZ-Bordrechner im Fahrzeug angeschlossen. Es können bei Erfordernis auch hierarchische und / oder parallele Anordnungen realisiert werden. Dies kann erforderlich sein, wenn mehrere Sensoren in Gruppen zusammengefasst werden.

Dem AFZ-Bordrechner sind folgende Signale / Merkmale bereitzustellen und durch diesen zwingend mit aufzunehmen:

— Fahrzeugnummer

— Türfreigabesignal

— Türsignal (Tür geschlossen bzw. Tür nicht geschlossen)

— Sensoridentifikation / Sensorgruppenidentifikation (Konfiguration des Systems)

— Störungsmeldungen

— Zeit, Datum in UTC

— Verortung (logisch, physikalisch, GPS – siehe Punkt 15.2.6 "Verortung")

Ergänzend können je nach technischer Lösung dem AFZBsG folgende Daten übergeben (Attribuierung) und Aufgaben zugeordnet werden:

— Linie, Kurs, Richtung

15.2.4.2 Aufgaben-Varianten

Entsprechend dem elektronischen Ausstattungsgrad des Fahrzeuges (Zugleittechnik, RBL-IBIS, Vertriebssysteme) können bestimmte Funktionen entweder dem AFZ-Bordrechner oder der zentralen Bordelektronik (ZBE) zugeordnet werden. Dabei kann die automatische Übertragung der Daten an einen Zentralrechner des Verkehrsunternehmens sowohl <u>permanent</u> online (mit-

tels Datenübertragung per Mobilfunk) als auch zyklisch (Datenfunk) sowie nach Bedarf erfolgen. Die Ausführungsvariante sollte explizit vorgegeben werden. Sollte dies nicht erfolgen, muss der Auftragnehmer davon ausgehen, dass die Datenübertragung an das landseitige Hintergrundsystem unmittelbar nach Verlassen des jeweiligen Haltes erfolgen muss.

Sollten Echtzeitauslastungsdaten in den Fahrzeugen erhoben werden, sind diese zu festgelegten Erfassungszeitpunkten (z.B. bei Verlassen eines Haltes) mit einer maximalen Übertragungslatenz von 2 Sekunden an das landseitige Hintergrundsystem zu übertragen.

Bei einer Unterbrechnung der Datenübertragung bzw. einem Ausfall der Datenübertragung muss sichergestellt werden, dass die zu übertragenden Daten bei Wiederverfügbarkeit der Datenübertragung innerhalb eines Versandzyklus von maximal einer Sekunde an das landseitige Hintergrundsystem übertragen werden.

Der Versand soll dabei wie folgt erfolgen:

a) Zähldaten: FIFO (First In, First Out)

b) Echtzeitauslastungsdaten: LIFO (Last In, First Out)

Bei entsprechend ausgestattetem Bordrechner kann dieser die vorgenannten Aufgaben des AFZ-Bordrechners übernehmen. Damit kann auf eine zusätzliche Hardware verzichtet werden. In diesem Fall ist das AFZ-System ein Subsystem innerhalb der gesamten Bordelektronik und liefert lediglich die Zähldaten sowie AFZ-spezifische Statusmeldung (z. B. Fehlermeldungen, Betriebsbereitschaft) an den Bordrechner. Die Komplettierung mit den für das Hintergrundsystem erforderlichen Daten erfolgt durch den Bordrechner. Ein entsprechender Systemaufbau lässt sich z. B. gemäß 457-1 / VDV-Schrift 301 realisieren.

AFZ-Bordrechner	**Zentrale Bordelektronik (ZBE)**
A) Alle Zählrohdaten von allen Sensoren werden im AFZ-Bordrechner gespeichert und komplett attribuiert.	Die ZBE liefert alle Attribuierungsdaten.
B) Alle Zählrohdaten von allen Sensoren werden im AFZ-Bordrechner zwischengespeichert und teilattribuiert. Die Daten werden permanent an die ZBE übergeben.	Die teilattribuierten Zähldaten werden von der ZBE übernommen, ergänzt und gespeichert.
C) Die Zählrohdaten von allen Sensoren werden permanent an die ZBE übergeben.	Die Zählrohdaten werden von der ZBE übernommen, attribuiert und gespeichert.
D) Alle Zählrohdaten von allen Sensoren werden im AFZ-Bordrechner zwischengespeichert, datiert und verortet und mit der Wagenkennung an externe Hintergrundsysteme zur Endattribuierung weitergegeben.	ZBE liefert Verortung, Wagennummer, Datierung.

Tabelle [6]

Daraus ergeben sich die folgenden Funktionszuordnungen:

Funktion	AFZ-Bordrechner	Zentrale Bord-elektronik	Bemerkungen
Fahrzeugnummer	X	X	Die Fahrzeugnummer bzw. Fahrzeug-ID ist dem AFZ-Bordrechner entweder zur Verfügung zu stellen oder in diesen per Konfiguration zu hinterlegen. Das Format der Fahrzeugnummer ist in der VDV 457-2 Rohdatenschnittstelle spezifiziert.
Zeit, Datum	X	X	In UTC
Verortung	X	X	GPS im Format WGS 84
Linie, Kurs, Richtung	X	X	
Störungsmeldung	X	X	AFZ-Datensätze und ggf. Fahrzeugdiagnose
Datenspeicherung	X	X	
Datenexportschnittstelle	X	X	
Datenübertragung	X	X	

Tabelle [7]

Der AFZ-Bordrechner benötigt zur Identifikation des Zustandes „Fahrzeug hält“ ein direktes Signal vom Tacho des Fahrzeuges. Dies ist dem AFZ-Bordrechner zwingend zur Verfügung zu stellen.

15.2.4.3 Fehlerdiagnose, Plausibilitätsprüfungen, Parametrierung

Der AFZ-Bordrechner führt eine Erfassung der Ein- und Aussteiger durch. Die Saldenbildung erfolgt im Hintergrundsystem. Für Testzwecke sollte im Fahrzeug eine Nullsetzung möglich sein (direkte Vergleichszählung im Fahrzeug).

Während des Betriebes sollen sich die Fahrgastzählanlagen selbst auf ordnungsgemäße Funktion überprüfen und Fehlerzustände selbständig erkennen.

Auftretende Fehler sollen sofort nach dem Auftreten des Fehlers in den aufgezeichneten Daten gespeichert und dem Betreiber mitgeteilt werden.

Analog zum Auftreten eines Fehlers soll auch die Behebung eines Fehlers oder einer Störung in den aufgezeichneten Daten erkennbar sein.

Unabhängig von einer Trennung in On Board-Systeme und Hintergrundsysteme soll eine übergreifende stufenweise Überwachung der Zählung mit einer Unterscheidung zwischen Ausfällen und offensichtlichen Fehlfunktionen bzw. Veränderungen der Ergebnisqualität mit nachfolgenden Funktionen realisiert werden können:

- technische Sensorfunktionen:
  - Liefern die Sensoren während der Zeiten der Türöffnung Signale (betrifft Sensorfunktion, Verkabelung, Anschluss)?
- Logik der Sensorfunktion:
  - Sind die Signale innerhalb einer Spur bzw. Tür schlüssig und interpretierbar, d. h. Ein- und Aussteiger ermittelbar?
  - Plausibilität der Datums- und Zeitaufzeichnung

Die Durchführung der Prüfungen muss sich nach der konkreten System-Architektur und der Verteilung der Funktionalitäten richten. Fehlfunktionen und Ausfälle müssen dem Betreiber sofort angezeigt werden, um Fehlfunktionen zu vermeiden. .

Damit ist zu unterscheiden in:

a) Fehler, die bei der Datenermittlung und -verarbeitung im Bordsystem entstehen und infolge von internen, automatischen Plausibilitätsprüfungen festgestellt werden. Dabei sind die Fehler zu definieren.

b) Störungen infolge von Versagen technischer Komponenten oder von Ausbleiben erforderlicher Attribuierungsdaten aus Drittsystemen.

Analog zum Auftreten eines Fehlers soll auch die Behebung eines Fehlers oder einer Störung in den aufgezeichneten Daten erkennbar sein.

Sollte die Fehlerdiagnose Plausibilitätsprüfungen beinhalten, so sollten diese parametrisierbar sein. Die durchgeführten Prüfungen, deren Auslöser und die Erkennbarkeit in den vom Fahrzeug kommenden Daten müssen Teil der Dokumentation sein.

Für Verbundlösungen sind entsprechend dem Stand der Technik einheitliche Kriterien für derartige Einstellungen zu berücksichtigen, um systematisches Verwerfen von bestimmten Rohdaten bzw. Fahrten bei einzelnen VU zu vermeiden.

Alle Größen, die für eine Plausibilitäts- bzw. Fehlerprüfung und damit zur Sperrung von Fahrten bzw. Datensätzen im Hintergrundsystem herangezogen werden, sind parametrisierbar und vom Anwender einstellbar zu generieren.

Diese Funktionen können sowohl auf dem Fahrzeug als auch vom Hintergrundsystem vorgenommen werden.

15.2.4.4 Änderungsauswirkungsanalyse

Es ist sicherzustellen, dass im Fall von anstehenden Firmwareupdates Auswirkungen auf die Zählqualität auszuschließen und diese Nachweise im Rahmen einer allgemein gültigen Änderungsauswirkungsanalyse durch die Hersteller auf Basis des Templates nach Anhang 1 zu Anlage 4 zu führen sind. Dabei ist die Anwendung der Änderungsauswirkungsanalyse auf Fälle reduziert, wo der Zählkern nachweisbar unverändert geblieben ist und auch mit der Software-Änderung nachweisbar kein direkter Zusammenhang zur Zähldatenqualität besteht.“

15.2.4.5 Besonderheiten beim Einsatz von Videotechnik

Im Folgenden werden unter Videotechnik alle bildgebenden Verfahren bzw. –systeme verstanden, welche eine zweifelsfreie Erkennung einer einzelnen Person bzw. eines definierten Zählobjekts an sich und in seiner natürlichen Bewegung mindestens in der Qualität von Videotechnologien nach dem heutigen Stand der Technik ermöglichen. Ausdrücklich nicht darunter fallen Systeme, welche eine weitere (software)logische o.ä. Interpretation bedürfen, um festzustellen, dass es sich um eines der o.g. Objekte handelt.

Abdeckungen der Sensoreinheit – z. B. durch stehende Fahrgäste direkt unter der Kamera – müssen erkannt und in der Zähldaten als Fehler bzw. Warnung mit aufgezeichnet werden, so dass eine spätere separate Behandlung des Türdatensatzes im Hintergrundsystem möglich ist.

Die Echtzeitbetrachtung von Fahrgastwechseln als Mitschnitt eines temporär in der Türeinheit aufgezeichneten Videos soll im Fahrzeug mittels Servicesoftware möglich sein.

Eine Parametrierung von Einstellungen zur Ermittlung von Ein- und Aussteigerwerten aus der Videoaufzeichnung sollte durch Anwender nicht möglich sein, auch nicht durch Veränderungen der gezählten Ein- und Aussteiger in den Fahrzeugen und in Systemen außerhalb der Fahrzeuge.

Die zusätzlichen Parameter, welche die Qualität der Ermittlung der Ein- und Aussteigerzahlen aus den erfassten Videobildern beeinflussen, müssen dokumentiert werden. Die durch den Hersteller konfigurierbaren Einstellungen müssen entweder in der Türeinheit (über Laptop oder per GSM-Einwahl) oder über entsprechend im Hintergrundsystem einstellbare Parameter erfolgen können, so dass kein Softwarewechsel durch Änderung von Parametern notwendig wird.

15.2.5 On Board-Schnittstellen

Grundsätzlich kann eine autarke oder eine integrierte Konfiguration der AFZS-OnBoard-Systeme zur Anwendung kommen.

Im Falle einer autarken Version sind keine Schnittstellen zur Standortidentifikation erforderlich (z. B. eigenes GPS-Modul) außer einem Tür- und Fahrsignal. Im Falle einer integrierten Version bestehen Schnittstellen zu einem IBIS-System bzw. zu einem elektronischen Fahrscheindrucker. Als Datenschnittstelle dient physikalisch und logisch der IBIS-Wagenbus nach VDV 300 sowie VDV 301 bzw. dazu aktuelle Fortschreibungen und Ergänzungen auf Basis neuer Technologien. Die Übertragung der Daten vom bzw. zum Fahrzeug soll vollautomatisch, z. B. GSM, Datenfunk (GPRS, UMTS, LTE), oder WLAN, erfolgen.

Bei der Installationsplanung für die Fahrzeugkomponenten ist die Verfügbarkeit dieser Schnittstellen für jedes Fahrzeug zu prüfen. Es sind ggf. individuelle Maßnahmen zu planen und zu kalkulieren. In diesem Zusammenhang ist auch auf eine ausreichende Leistungsfähigkeit eines fahrzeuginternen Netzwerkes zu achten.

15.2.6 Verortung

15.2.6.1 Allgemeine Hinweise

Für die automatische Fahrgastzählung ist es von Bedeutung, dass die Ein- und Ausstiegszählvorgänge den einzelnen Halten korrekt zugeordnet werden können.

Als Standardlösungen können Systeme verwendet werden, bei denen das Fahrgastzählsystem den aktuellen Standort entweder aus der vorhandenen Bordelektronik (z. B. IBIS, IP-Com, Fahrscheindrucker, GPS-Modul) oder direkt von einem autarken GPS/DGPS übernimmt.

Dabei ist zwischen Verfahren, welche die Zuordnung der Haltestelle online oder offline durchführen, zu unterscheiden.

Online

Die Zuordnung erfolgt im Fahrzeug. Dort wird im Augenblick des Haltes die Haltestelle (Nummer oder Name) bestimmt. Verwendet werden können z. B.

— die bakengestützte Wegemessung (logisch / physikalisch) und

— die Erfassung von Koordinaten über GPS/DGPS.

Die Haltestelle kann von einem anderen Fahrzeugsystem, z. B. IBIS/ITCS, bereitgestellt oder vom AFZS selbst ermittelt werden.

Offline

Die Zuordnung erfolgt im Hintergrundsystem nach Übertragung der Daten aus dem Fahrzeug unter Einbeziehung der Stammdaten. Basen der Ortung können z. B. sein

— die Wegemessung

— die Erfassung von Koordinaten über GPS/DGPS.

Informationen zu Linie / Kurs bzw. Umlauf können (falls vorhanden) unterstützend oder als Vorgaben verwendet werden. Da diese Daten nicht bei jedem Unternehmen als Istwerte verfügbar sind, muss das System auch in der Lage sein, ohne diese Sollinformation die Datenaufbereitung/Transformation durchzuführen (vollständig autonomes Zählsystem).

Für das AFZS ist es in der Regel nicht erforderlich, dass die Haltestelle bereits im Fahrzeug bekannt ist.

Wichtig ist eine klare Definition der Verantwortlichkeit für die Ortungsfunktion. Wird z. B. die Ortung (Haltestelle) aus einem anderen System übernommen, ist dieses für die Güte der Information zuständig. Gleichermaßen wichtig ist die Verständigung auf ein entsprechendes Koordinatensystem. Empfohlen wird das Koordinatensystem WGS 84.

Die Haltestellenerkennung soll ohne Beeinträchtigung des Zählsystems erfolgen und muss unabhängig von manuellen Eingriffen durch den Fahrer während der Fahrt funktionieren. Manuelle Positionskorrekturen des Fahrers dürfen nicht möglich sein.

15.2.6.2 Logische Ortung

Traditionell ist in vielen Fahrzeugen eine Ortung realisiert, um entsprechende Funktionen oder Aufgaben im Bereich der Fahrgastinformation, Entwerterweiterschaltung, Vertriebstechnik etc. zu erfüllen. Ziel beim Einsatz von AFZS sollte es sein, Daten des vorhandenen Ortungssystems zu übernehmen, wenn die dazu notwendigen Bedingungen eingehalten werden können.

Oftmals ist eine rein logische Ortung für den täglichen Betrieb, insbesondere bei Linienmutationen, Abweichungen vom Fahrweg (in Folge von Baustellen, Staus, Mehrspurigkeit, Unfällen usw.) sowie LSA-Beeinflussungen nicht ausreichend. Das trifft auch für die Anwendung dieser

Daten bei AFZS-Anwendungen zu, da die Gründe für eine fehlerhafte Ortung nicht mehr nachvollzogen werden können.

In der Regel werden Systeme der physikalischen Ortung (Infrarot- und Funkbaken, Induktionsschleifen, Schienenkontakt, Lichtschranken usw.) ergänzend zur logischen Ortung zur Unterwegssynchronisation an definierten Einzelpunkten eingesetzt.

Es ist deshalb gründlich zu prüfen, inwieweit die Anforderungen für AFZS im konkreten Anwendungsfall erfüllt werden können. Ggf. müssen im Fall der Nichtverfügbarkeit von Ortsinformationen aus den Fahrzeugen (z. B. Tunnelabschnitte innerhalb einer Fahrt) im Hintergrundsystem nachvollziehbare Algorithmen zur automatischen Zuordnung der Zähldaten zu Halten implementiert werden.

15.2.6.3 GPS-Ortung

Eine besondere Form der physikalischen Ortung ist die GPS-Ortung.

Bei der GPS-Ortung bestehen Einschränkungen bei unzureichender Funkdeckung mit den Satelliten in engen Tälern, Tunneln, Brücken, Haltestellenüberdachungen, Häuserschluchten und anderen in diesem Sinne kritischen Bereichen. Daher ist eine Unterstützung durch Tacho (Odometer) wünschenswert.

Dennoch hat sich eine Anwendung von GPS im Zusammenhang mit AFZS als geeignet erwiesen. Im Fall der Verfügbarkeit von GPS-Modulen innerhalb eines RBL/ITCS-Systems ist eine gemeinsame Nutzung der GPS-Daten anzustreben. Hierbei ist darauf zu verweisen, dass eine metergenaue Ortung mit normalen GPS-Geräten nicht gewährleistet werden kann. Es ist jedoch ergänzend zu beachten, dass

- *die GPS-Ortung durch Verfahren wie EGNOS verbessert wurde und*
- *bei frei definierbaren Fangbereichen (z. B. Kreise oder Polygone) im Hintergrundsystem eine metergenaue Ortung auch nicht zwingend erforderlich ist (ggf. sollten haltestellenbezogene Fangbereiche möglich sein, um unterschiedliche Randbedingungen von Stadtverkehr und Regionalverkehr abbilden zu können).*

15.2.7 Datenerfassung

15.2.7.1 Grundsätze

Zählung der Ein- und Aussteiger

Die Anzahl der Ein- und Aussteiger an allen fahrgastrelevanten Halten ist zu erfassen. Sollte das Fahrzeug anschließend einen Fahrweg (einstellbarer Parameter) zurücklegen, der kürzer als eine ebenfalls einzustellende Referenzlänge ist, und sollten die Türen erneut geöffnet werden, so sind die neuerlichen Wechselvorgänge als Ereignisse einzeln aufzuzeichnen. Die Zuordnung, zu welcher Haltestelle das Ereignis gehört, muss im Hintergrundsystem erfolgen.

Dabei gilt:

- Der AFZ-Bordrechner darf keine Bedienung durch den Fahrer notwendig machen.
- Beim Einsatz von direkter GPS-Ortung für das AFZS wird unterstellt, dass für den AFZ-Bordrechner keine Schnittstelle zu Netz- und Fahrplandaten im Fahrzeug notwendig ist. Die Zusammenführung erfolgt im Hintergrundsystem.

— Der AFZ-Bordrechner sollte z. B. für Busse beliebige Haltepunkte – auch außerhalb zulässiger Haltestellenbereiche (Halt auf Anfrage) – und unplanmäßige Zwischenstopps zwischen zwei offiziellen Haltepunkten erkennen können. Das gilt auch für das Durchfahren bei Bedarfshaltestellen sowie ggf. für weitere in den unternehmensspezifischen Lastenheften noch zu definierende Ereignisse. Damit gilt der Grundsatz, alle Zwischenereignisse separat aufzuzeichnen.

In einem AFZ-Bordrechner im Fahrzeug müssen für jede Haltestelle bzw. für jeden Zwischenstopp alle Zähldaten und alle orts- und zeitbezogenen Informationen abgelegt werden, die die Identifizierung der Fahrten ermöglichen.

Bei Störungen und Abweichungen einzelner Systembausteine ist ein eindeutiger Vermerk in die betreffenden Rohdatensätzen einzutragen bzw. ein weiterverarbeitbares Fehlerprotokoll zu erstellen.

Tiere, Kinderwagen, Fahrräder sowie Gepäckstücke dürfen nicht als Fahrgäste gezählt werden. Eine eventuell notwendige Zählung als definierte bzw. sonstige Zählobjekte bleibt davon unberührt.

Speichern der Daten im AFZS des Fahrzeuges

Die Daten des AFZS müssen unabhängig vom automatischen Datenversand als Rückfallebene im Fahrzeug gespeichert werden. Hierzu ist die Größe des Datenspeichers für das AFZS entsprechend hinreichend zu dimensionieren.

Der interne Datenspeicher kann optional durch eine Speicherkarte für den Datenaustausch als Redundanzebene ergänzt werden. Der Regelabstand für den Austausch und das Auslesen der Speicherkarten sollte parametriert werden können. Als Empfehlung wird ein Abstand von 14 Tagen vorgeschlagen. Beide Speichermedien sollten alle Ereignisse von mindestens der doppelten Zahl von Kalendertagen des Regelabstandes vollständig aufzeichnen können. Das Überschreiben der Daten im internen Speicher sollte nur zulässig sein, wenn diese Daten über Speichermedien oder ein automatisches Übertragungssystem bereits ausgelesen oder auf eine Warnmeldung positiv reagiert wurde. Grundsätzlich sollte gelten, dass im Falle des Überschreibens zuerst die ältesten Daten überschrieben werden.

15.2.7.2 Identifikation von Haltestelle und Fahrt

Die nachstehend beschriebenen Anforderungen können sowohl dem AFZ-Bordrechner als auch einem Hintergrundsystem mit einer vom Hersteller der On Board-Systeme unabhängigen Software funktional zugeordnet werden. Planwerte wie Entfernungen zwischen zwei aufeinander folgenden Haltestellen und planmäßige Fahrzeiten zwischen zwei aufeinander folgenden Haltestellen (in der Regel von Abfahrt an einer Haltestelle bis Abfahrt an der nächstfolgenden Haltestelle, aber auch Wartezeiten sind möglich) sind linien- bzw. unterlinienabhängig zu definieren. Sofern für Linien / Unterlinien mehrere unterschiedliche Fahrzeiten (unterschiedliche "Fahrzeitarten") verwendet werden, müssen diese auch in der Datenauswertung verarbeitet werden können.

In der Regel sind die planmäßigen Abfahrtszeiten angegeben, aber meist keine planmäßigen Ankunftszeiten. Im Ausnahmefall ergibt sich die Abfahrtszeit aus Fahrzeit plus Wartezeit.

Eine Folge von mehreren Halten an einer Haltestelle muss verarbeitet werden können.

Die Schlüsseldaten zur Identifizierung einer Fahrt können z. B. sein:

- Liniennummer, Zugnummer
- Kurs- bzw. Umlaufnummer (aus RBL/ITCS)
- Unterliniennummer (d. h. unterschiedliche Wege werden durch unterschiedliche Unterliniennummern gekennzeichnet)
- Richtung
- Tagesart (Datum), Tagesartgruppe oder Tagesartmix
- erste Haltestelle der Fahrt
- Abfahrtzeit an der ersten Haltestelle der Fahrt
- Fahrzeugnummer

Weitere Daten sind bei Bedarf zu ergänzen.

15.2.7.3 Besondere Anforderungen beim Einsatz von Videosensoren[15F28]

Die Software zur Ermittlung der Ein- und Aussteiger muss den Anforderungen für Videobildanalysesoftware mindestens nach dem Stand der Technik ohne die Notwendigkeit der Gesichtserkennung aufweisen.

Es wird empfohlen, die Auswertung der Sensorbilder zur Ermittlung der Ein- und Aussteigerwerte in der Türeinheit vorzunehmen. Sollte bewusst davon abgewichen werden und die Auswertung der Sensorbilder in einer Zentraleinheit im Fahrzeug erfolgen, muss eine sichere und verlustfreie Übertragung im Fahrzeug mit ausreichenden Datenübertragungskapazitäten sichergestellt werden. Die Übertragung der Videobilder zu einem Hintergrundsystem über die Datenübertragungssysteme (z. B. GPRS/UMTS/EDGE) sollte aus Kapazitätsgründen nicht eine notwendige Voraussetzung für den Einsatz der Videosensoren sein. Die Übertragung der Videodaten sollte projektspezifisch unter Berücksichtigung der betrieblichen Randbedingungen definiert werden.

Es soll einen separaten technischen Anschluss an der Türeinheit zur Übertragung der Videodaten an ein Aufzeichnungsgerät geben. Über diese(n) Anschluss/Anschlüsse sollen sowohl die Versorgungsspannung des externen Datenaufzeichnungsgerätes als auch die Videobilder sowie die Logdateien übertragen werden können.

15.2.8 Datenmanagement

Die Anforderungen werden hier generell dargestellt und können sowohl im AFZ-Bordrechner als auch in einem Hintergrundsystem mit einer vom Hersteller der On Board-Systeme unabhängigen Software funktional zugeordnet werden.

15.2.8.1 Transformationsquote, Datenaufbereitung und Zusammenfassung

Die Fahrten müssen auch bei den betrieblichen Besonderheiten des Betreibers mit genügender Genauigkeit einzeln ausgewertet werden können.

Die Mindesttransformationsquote bei Teilausstattungen sollte 90% der gemessenen Fahrten betragen, Bei Vollausstattungen (100% der Fahrzeuge sind mit AFZS ausgerüstet) können aus

[28] Zur Definition von Videosensoren siehe auch Kapitel 15.2.2.1

wirtschaftlichen Gesichtspunkten abweichende Mindesttransformationsquoten (z.B 70%) vereinbart werden, sofern der statistisch notwendige Stichprobenumfang eingehalten wird und keine systematischen Verzerrungen entstehen.

Das setzt voraus, dass die korrekten und zutreffenden Fahrplan- und Netzdaten zur Verfügung stehen. Davon unbenommen ist die Forderung zur Erfüllung der Stichprobe nach Fahrtenanzahl und Schichtungsmerkmalen. Messfahrten, die den parametrisierbaren Kriterien nicht entsprechen und als ungültig aussortiert werden, sind mit einem Fehlercode zu versehen und gesondert auszuweisen.

Die Einhaltung dieser Erfüllungsquote wird auf der Basis der Soll-Fahrten eines Umlaufs aus den Fahrplanprogrammen ermittelt. Es wird empfohlen, die Erfüllungsquote pro Fahrzeug aufzuzeichnen und auszuweisen.

Falls in einem Datenblock ein Systemfehler aufgetreten ist, müssen alle restlichen Fahrten, die hiervon nicht betroffen sind, ausgewertet werden können.

Die Terminologie des Auswerteprogramms (siehe dazu auch 15.3„Hintergrundsysteme“) soll mit der VDV-Standard-Terminologie übereinstimmen. Zu den Schlüsseldaten zur Identifizierung einer Fahrt gehören u. a. die Linien-/Kursnummer, die Fahrzeug-/Wagennummer und die Zugnummer. *Die Details sind in den jeweiligen Lastenheften zu spezifizieren.*

Die Transformation soll durch Parameter wie z. B.

— maximale Anzahl der ausgelassenen Haltestellen zwischen Anfangs- und Endhaltestelle einer Fahrt

— maximale Verfrühung/Verspätung einer Fahrt

— zugelassene Linien- bzw. Unterlinienwechsel im Umlauf

— maximale Wegabweichung zwischen zwei Haltestellen

gesteuert werden können. Die Parameter sollen für den Betreiber zugänglich, einstellbar und protokollierbar sein, sowie in den Lastenheften benannt werden.

Das Auslassen von Haltestellen (Durchfahren) muss toleriert werden.

Weiteren technologische Standards der Betriebsdurchführung in den jeweiligen Lastenheften zu definieren. Hierzu können z. B. zählen:

Zwischenhalt, verkürzte Fahrten, Ringlinie, Doppelhaltestellen mit mehrfachem Halt je Haltestelle, Ein- und Wiederausstieg der gleichen Fahrgäste an Haltestellen (u. a. Endstellen mit Betriebspersonal oder Fahrgästen – „Wartesaalsituation“) oder Endhaltestelle ohne getrennten Aus- und Einstieg.

Es werden Standardlösungen im AFZS zur Abbildung dieser Situationen erwartet.

Informationen über die "Planabweichungen" (Oberbegriff für Verfrühungen und Verspätungen) der Abfahrtszeit an den Haltestellen für die transformierten Fahrten sollen erhalten bleiben.

Bei der Aufbereitung müssen die Messdaten vom Fahrzeug unverändert erhalten bleiben.

Es müssen mehrere Streckenvarianten vorgehalten werden können, beispielsweise aus mehreren aufeinander folgenden Tagen oder aus unterschiedlichen Fahrplanperioden. Fahrplandaten sollen mit einer frei wählbaren zeitlichen Gültigkeit vorgegeben werden können. Es muss möglich sein, die Fahrplandaten mehrerer unterschiedlicher Fahrplanperioden parallel vorzuhalten. Eine tägliche Fahrplanhaltung soll möglich sein.

Die Datenarchivierung muss sich nach dem jeweiligen Verwendungszweck richten.

Der Import der Fahrplandaten für die periodische Aktualisierung der Stammdaten ist sicherzustellen. Weitere Ausführungen und Darstellungen erfolgen im Rahmenlastenheft Hintergrundsystem unter 15.4 "Datenintegration ".

Die Auswertesoftware muss eine tägliche Zustandsanalyse der Hard- und Software-Komponenten des Systems ermöglichen.

Daten können im AFZ-Bordrechner in Datensätze und nach Gruppen zusammengefasst werden, wobei die originären Messdaten vom Fahrzeug unverändert erhalten bleiben müssen. Für den Fall der Transformation im Fahrzeug bedeutet die Forderung, die Messdaten vom Fahrzeug unverändert zu erhalten, dass Rohdaten und die transformierten Daten aus dem Fahrzeug übertragen werden müssen.

15.2.8.2 Datenattribuierung

Die primären Zähldaten sind im AFZ-Bordrechner so zu attribuieren, dass sie immer eineindeutig zeitlich und örtlich einer definierten Fahrt (Linie / Kurs) zugeordnet werden können. Im AFZ-Bordrechner hat zumindest eine Teilattribuierung (Indizierung) zu erfolgen, wenn über entsprechende Lösungen eine fehlerfreie Vervollständigung im AFZ-Bordrechner oder im Hintergrundsystem nach einer Datenübertragung erfolgen kann.

15.2.8.3 Messgenauigkeit

Der Nachweis zur Einhaltung der Messgenauigkeit erfolgt auf Grundlage der Vorgaben in 13 Regelkatalog zur Prüfung und Testierung der Messgenauigkeit.

15.2.9 Datenver- und -entsorgung (Datenübertragung)

15.2.9.1 Allgemeine Anforderungen

Die Datenversorgung für die Attribuierung der Zähldaten erfolgt über den IBIS-Wagenbus nach VDV 300 bzw. nach dem IP-Com-Standard. Es kann auch eine direkte Datenversorgung des AFZ-Bordrechners über eine definierte Standardschnittstelle erfolgen.

Für die zentrale Datenauswertung sind alle auf dem Fahrzeug gespeicherten Zähl- und Analysedaten sowie alle sonstigen zur Fahrt- oder Fehlererkennung gespeicherten Daten an eineEinheit im Fahrzeug zu übergeben.

Diese im Fahrzeug erfassten Daten sollen mit einem automatischen Datenübertragungssystem, das dem Stand der Technik entspricht, an das Hintergrundsystem übertragen werden. Siehe hierzu auch 15.2.4.2 Aufgaben-Varianten.

Es ist eine eigenständige, in der betrieblichen Praxis erprobte Datenkommunikation zu realisieren, die eine Störung der vorhandenen Systeme ausschließt und ihrerseits nicht Störungen anderer Systeme unterliegt. Als Standardlösungen kommen nach aktuellem Stand der Technik in Frage

— WLAN

— Daten-/Mobilfunk

Zur Datenfernübertragung sind entsprechend notwendige Randbedingungen (z. B. Anzahl und Aufstellungsorte der Empfangsstationen/Zwischenspeicher, Übertragungsrate, Frequenzen usw.) vor der Realisierung aufzuzeigen und mit dem Betreiber abzustimmen. Dabei ist zu prüfen, inwieweit vorhandene Übertragungstechnik genutzt werden kann.

Die Daten aus z. B. den stationären Zwischenspeichern bzw. Gateways sollen automatisch in das Hintergrundsystem des AFZS übertragen werden. Dies soll über geeignete und dem Stand der Technik entsprechende Übertragungseinrichtungen an den stationären Zwischenspeichern an das Hintergrundsystem erfolgen.

Als Rückfallebene zur automatischen Datenübertragung muss es möglich sein, die gespeicherten Daten manuell mittels USB-Stick oder Laptop vom AFZ-Bordrechner zu exportieren. Das Exportschema sollte der VDV 457-2 Rohdatenschnittstelle entsprechen. Alternativ kann der Auftraggeber ein proprietäres Exportformat vorgeben.

Es ist mit geeigneten Miteln sicher zu stellen, dass bei einer Unterbrechung oder Störung der Datenübertragung keine Daten verloren gehen und die Übertragung später fortgesetzt oder wiederholt wird. Ferner ist zu gewährleisten, dass identische Daten nicht mehrmals übertragen werden.

15.2.9.2 Anforderungen bei Einsatz von Videotechnik

Die Datenspeichergröße der Türeinheit bzw. der AFZ-Zentraleinheit muss so bemessen sein, dass die im Einzelfall festzulegenden Datenmengen gespeichert werden können. Dies betrifft insbesondere die Aufzeichnung von Videobildern im Rahmen von Vergleichszählungen.

Die Daten sollen über ein externes Speichermedium übertragen werden können. Datenübertragungen per Datenfunk sind unter Beachtung der Rahmenbedingungen auch möglich.

Da – im Vergleich zum Alltagsbetrieb - für Vergleichszählungen mit Videodateien ein sehr großer Speicher benötigt wird, , sollte es die Möglichkeit geben, einen autarken Speicher zur Speicherung von Videodaten (Zähldaten aus den Videosensoren) im Fahrzeug anzuschließen. Damit wird erreicht, dass operativ benötigte große Datenmengen nicht über die Standarddatenübertragungswege übertragen werden müssen (Kapazitätsprobleme).

Die Datenübertragung vom Fahrzeug zum Hintergrundsystem kann über die gleichen Wege erfolgen wie für Daten aus anderen Sensortechnologien heraus auch (z. B. Datenfunk (GPRS, UMTS, LTE usw.))

15.2.10 Installationsplanung, Verkabelung und Montage im Fahrzeug

Installationsplanung

Der Hersteller bzw. Fahrzeugausrüster sollte für die Abklärung aller technischen und organisatorischen Fragen verantwortlich sein. Hierzu ist es in der Regel zu empfehlen, eine Besichtigung der Fahrzeuge, die Einsichtnahme in technische Dokumentationen und den Kontakt mit den relevanten Ansprechpartnern bei den Verkehrsunternehmen durchzuführen.

Mit dem Angebot sind detaillierte Stücklisten und eine Dokumentation der Installationsplanung (mindestens für jeden Fahrzeugtyp) vorzulegen. Die weitere komplette Planung ist Gegenstand der Pflichtenheftphase. Diese Dokumentation sollte den beim jeweiligen Verkehrsunternehmen üblichen Standards entsprechen. Diese Unterlagen entbinden den Hersteller nicht davon, ggf. zusätzliche Materialien und Zeitaufwendungen ohne Mehrkosten zu erbringen, um die vertragsgemäße Leistung sicherzustellen.

Verkabelung und Montage

Der Verkabelungsaufwand im Fahrzeug muss sich minimal gestalten. Für den Anschluss von Kabeln sind einfache vibrationsgesicherte Verbindungen zu verwenden. Sämtliche Komponenten müssen leicht abzumontieren sein. Für eine sehr einfache Montage und Einstellung der Sensoren im Fahrzeug sind Sensorhalterungen vorzusehen. Die Arbeiten sind so zu planen, dass sie durch das Werkstattpersonal einwandfrei und leicht durchzuführen sind. Brandschutzaspekten ist Rechnung zu tragen. Diesbezüglich notwendige Schulungen sind mit dem Angebot zu benennen.

15.2.11 Einbaubedingungen

Alle im und am Fahrzeug zu montierenden Systemteile müssen mechanisch, elektrisch und elektronisch kompatibel zum Fahrzeug sein. Die stationären Systemteile müssen ggf. in nachrichtentechnischen Räumen (NT-Räumen) in entsprechenden Schränken zu montieren sein.

Notwendige Schnittstellen müssen zwischen dem Hersteller und den Betreiber abgestimmt werden. Die erforderlichen Details sind im Lastenheft im Einzelnen zu beschreiben.

Der Einbau der Systeme sollte durch den Hersteller oder eingewiesenes Personal erfolgen bzw. erfolgen können. Die erforderlichen durchschnittlichen Montagezeiten sowie die tauschbaren Einheiten sind anzugeben.

Alle baulichen Veränderungen am oder im Fahrzeug sowie im Bereich der Infrastruktur müssen dokumentiert und soweit erforderlich durch die entsprechenden technischen Aufsichtsbehörden oder das zuständige Fachpersonal des Betreibers genehmigt werden.

Geräteeinbau in Fahrzeugen

Die Anordnung der Systemteile im Fahrzeug muss zwischen dem Hersteller und dem Betreiber abgestimmt werden. Es sind insbesondere folgende Bedingungen zu beachten:

— Die mindestens erforderliche Höhe des Lichtraumprofils im Türraum darf nicht unterschritten werden. Veränderungen an den Türbereichen (Türvouten) sind mit dem Betreiber abzustimmen und soweit erforderlich den Aufsichtsbehörden zur Genehmigung vorzulegen.

— Optische Veränderungen, beispielsweise durch die Installation der Sensoren, sollten sich in das Erscheinungsbild des Fahrzeugs einfügen.

— Die Systemteile, speziell die Sensoren, müssen so eingebaut sein, dass eine möglichst hohe Vandalismusresistenz gewährleistet ist (z. B. verdeckter Einbau).

— Die Systemteile müssen für Montage-, Einstell- und Wartungsarbeiten leicht zugänglich sein. Die Arbeiten müssen in der Regel mit handelsüblichen Werkzeugen auszuführen sein.

— Alle Bedien- und Anzeigeeinrichtungen sollen in einem Zentralgerät integriert und gut zugänglich sein. Die Funktionszustände müssen zweifelsfrei, einfach, ohne Hilfsmittel und ohne körperliche Anstrengungen erkannt werden können.

— Fehl- oder Doppelbedienungen müssen ausgeschlossen sein. Andere Bauteile oder Geräte dürfen die Bedienung nicht einschränken.

— Im Außenbereich der Fahrzeuge anzubringende Antennen müssen für die gesamten Streckennetze profilfrei und waschanlagenbeständig sein.

— Im oder am Fahrzeug anzubringende Antennen dürfen die Hochfrequenz-Netze der Fahrzeuge nicht stören.

— Die Rückwirkungsfreiheit des AFZS und seiner Komponenten zu den anderen Systemen im Fahrzeug ist zu prüfen und wenn erforderlich nachzuweisen.

Alle hier definierten Bedingungen sind einzuhalten.

Spannungsversorgung und Verkabelung

Mit dem Einschalten der Versorgungsspannung müssen sich alle Systemkomponenten innerhalb eines zu definierenden Zeitraumes automatisch einschalten und in einen betriebsfähigen Zustand gehen. Spezielle Handlungen von außen sollen dazu nicht erforderlich sein.

Die Anlage muss funktionsfähig sein bei Spannungsschwankungen von 15% bis +30% der Nennspannung. Kurzfristige Absenkungen der Bordspannung unter diesen Wert, z. B. beim Starten des Motors, dürfen zu keinen undefinierten Zuständen der Zählanlagen oder zum Verlust gespeicherter Daten führen.

Die Spannungsversorgung ist durch geeignete Maßnahmen gegen positive und negative Spannungsspitzen des Bordnetzes zu schützen. Diese nach Zeit und Größe definierten Spannungsspitzen gelten gemäß der Vorgaben der Fahrzeughersteller. Der Anbieter hat sich diesbezüglich zu informieren und die Einhaltung nachzuweisen.

Dauerkurzschlüsse in einer Komponente der Fahrgastzählanlage dürfen nicht zur Beeinträchtigung oder gar Beschädigung anderer Komponenten, speziell der Spannungsversorgung, führen. Eine versehentliche Vertauschung der Polarität der Versorgungsspannung darf keinen Schaden verursachen.

Werden zur Spannungspufferung von Speicherbausteinen o. ä. Batterien eingesetzt, so muss ihre Betriebsfähigkeit mit einfachen Mitteln überprüfbar sein.

Häufige Ein- und Ausschaltvorgänge, hervorgerufen durch Auf- und Abrüsten des Fahrzeugs, dürfen zu keiner Funktionsbeeinträchtigung des Zählsystems führen. Galvanische Trennungen zwischen der Fahrgastzählanlage und den anderen Fahrzeuganlagen sind vorzusehen. Rückwirkungen auf andere Fahrzeuganlagen sind auszuschließen.

Die Zählsysteme dürfen durch Abschalten des Bordnetzes an Endhaltestellen, auch während des Aussteigens der Fahrgäste, oder bei Halten auf freier Strecke in ihrer Funktion nicht beeinträchtigt werden. Die Netzspannung muss nach Abschalten für einen prarametrierbaren Zeitraum erhalten bleiben. Es ist in jedem Fall sicherzustellen, dass es nicht zu unüberwachten Fahrgastwechseln kommt. Hierbei ist auch eine eventuelle Beeinflussung des Türsignals durch diese Schalthandlungen zu berücksichtigen.

Ein direkter Anschluss an die Fahrzeugbatterie ohne Abschaltmöglichkeit der Zählanlagen ist nicht zulässig.Die Anzahl der zu montierenden Komponenten soll möglichst gering und auf wirtschaftlich tauschbare Einheiten beschränkt sein.

Die Anlagen müssen so aufgebaut sein, dass bei Ausfall einer Komponente durch Austausch die Betriebsbereitschaft der Anlage in kürzester Zeit wiederhergestellt werden kann.

Nach Beendigung einer Reparatur oder eines Komponententauschs muss nach der endgültigen und kompletten Wiedermontage der Anlage die Betriebsbereitschaft erkennbar oder feststellbar sein.

Elektrische Signale

Die für Steuerungs-, Zuordnungs- und Informationszwecke benötigten Signale vom Fahrzeug sind vom Hersteller der AFZS zu benennen. In welcher Form die erforderlichen elektrischen Signale im Fahrzeug zur Verfügung stehen und wie sie bereitgestellt werden können, ist in der Phase der Feinspezifikation abzustimmen und zu definieren. Der Regelung für die Abnahme des Fahrsignals bzw. Wegimpulses ist dabei besondere Beachtung zu schenken.

Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)

Der Hersteller hat den Nachweis zu erbringen, dass das Gesamtsystem sowie dessen Einzelkomponenten keine Störstrahlung, die den zulässigen Grenzwert überschreitet, auf die fahrzeug- oder betriebstechnischen Anlagen überträgt. Er sichert zu, dass die zu liefernden Systemteile den einschlägigen Bestimmungen der VDE-Empfehlungen und EN-Normen bezüglich der elektromagnetischen Verträglichkeit mit Fremdanlagen entsprechen.

Funktechnische Systeme und Anlagen der Auftraggeber dürfen nicht gestört werden.

Der erforderliche EMV-Nachweis für das im Fahrzeug installierte System muss durch den Hersteller erbracht werden.

Die einschlägigen gesetzlichen Bestimmungen sind einzuhalten.

Wartung des Systems

Das System sollte keine spezielle Wartung erfordern. Es ist ein System zu bevorzugen, wo keine besonderen Sensoreinstellungen und Nachjustierungen zur Erreichung der garantierten Genauigkeit erforderlich sind. Die Sensoren / Erfassungssysteme sind staub- und spritzwasserfest anzuordnen (bzw. wasserdicht auszuführen) und müssen im vereinbarten Temperaturbereich arbeiten können.

Alle Systemfehler sollen nachvollziehbar sein und müssen protokolliert werden.

Prüfgerät

Für die Überprüfung des Systems im Fahrzeug muss es möglich sein, Einsteiger und Aussteiger über ein Prüfgerät (mit Display) bzw. mit Webserver (Online-Prüfung) im Standbetrieb oder während einer Testfahrt (im Echtzeitbetrieb) zu ersehen.

Es muss die Möglichkeit gegeben sein, die automatischen Fahrgastzählsysteme in den Fahrzeugen mit einem Webbrowser zu testen und zu warten. Hierfür muss das AFZ-System ein WEB-Interface zur Verfügung stellen. Relevante Signale, Einsteiger und Aussteiger je Türeinheit, aller Türeinheiten und soweit technisch im zur Anwendung kommenden System erforderlich jedes einzelnen Sensors sind entsprechend anzuzeigen.

Über das WEB-Interface muss es auch möglich sein, Softwareupdates und Systemkonfigurationen vorzunehmen.

Zuverlässigkeit des Systems

Die zu installierenden Fahrzeugkomponenten sollten dem Hersteller überlassen werden. Das System ist schadhaft, sobald ein Bauteil schadhaft ist.

Für die Systeme in den Fahrzeugen ist der MDBF-Wert (Mean Distance Between Failures) anzugeben.

Dabei werden 360 Einsatztage pro Jahr zugrunde gelegt.

Der MDBF-Wert errechnet sich wie folgt:

$$MDBF = \frac{Anzahl\ Fahrzeuge\ mit\ Fahrgastzählsystem \bullet Laufleistung\ \ je\ Fahrzeug}{Anzahl\ schadhafter\ Fahrgastzählsysteme}$$

Stationäre Systemteile sind die Zwischenspeicher mit Übertragungssoftware, die Übertragungstechnik und die Auswertungssoftware.

Für alle stationären Systemteile sollten MTBF-Werte (Mean Time Between Failures) erreicht werden.

Der MTBF-Wert errechnet sich wie folgt:

$$MTBF = \frac{Anzahl\ gleicher\ Systemteile \bullet Betriebszeit}{Anzahl\ schadhafter\ gleicher\ Systemteile}$$

Der Hersteller gibt in seinem Angebot die entsprechenden Werte zur Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit seines Produktes an.

15.2.12 Wartung und Instandhaltung

Einweisung des Personals des Auftraggebers

Um längere störungsbedingte Ausfälle zu vermeiden, muss vom Auftraggeber zu benennendes Personal für die Zwecke der Wartung, Instandhaltung und Reparatur durch den Auftragnehmer eingewiesen werden.

15.2.13 Organisatorische Anforderungen

Erstellung eines Pflichtenheftes

Es ist vom Auftragnehmer ein Pflichtenheft für den Gesamteinbau zu erstellen, in dem die spezifizierten Anforderungen des Auftraggebers als konkrete Lösung beschrieben wird.

Die individuellen Lösungen für die verschiedenen Fahrzeugtypen sind darzustellen.

Nach Freigabe des Pflichtenheftes durch den jeweiligen Betreiber stellt dieses Pflichtenheft die verbindliche Grundlage für die spätere Realisierung und Abwicklung dar.

Installation des Fahrgastzählsystems

Die terminlichen Eckwerte für die Lieferung, Installation und Inbetriebnahme des Fahrgastzählsystems werden mit der Feinspezifikation abgestimmt.

Pflichten des Herstellers

Der Hersteller hat alle Arbeiten unter Berücksichtigung der gültigen technischen Standards auszuführen und dabei für sämtliche Arbeiten qualifizierte Mitarbeiter bereitzustellen.

Während der Gewährleistungsfrist ist eine Betreuung für alle mit dem Projekt zusammenhängenden technischen und inhaltlichen Fragen sicherzustellen.

Die Pflichten des Auftraggebers und die damit zu erledigenden Aufgaben im Rahmen der Einführung und des Betriebs des Systems zur Sicherstellung der einwandfreien Funktion des Gesamtsystems sind im Rahmen der Feinspezifikation abzustimmen und zu dokumentieren. Das betrifft einerseits Verpflichtungen zur Bereitstellung von Daten (Fahrplandaten, Signale vom Fahrzeug, vertragliche Regelungen für Datenübertragung bei GPRS/GSM usw.) als auch einmalig bzw. laufend durchzuführende Aufgaben (z. B. Zuordnung GPS-Koordinaten zu Haltestellen, laufende Datenpflege von Fahrplanänderungen) sowie Regelungen zur Bereitstellung einer entsprechenden EDV-Umgebung gemäß Vorgaben des Auftragnehmers. Hier sind insbesondere die Verantwortungsbereiche klar zu definieren.

Abnahmen

Der Betreiber behält sich das Recht vor, alle Installationen und Software-Programme abzunehmen und bei fehlerhafter oder nicht sachgemäßer Installation entsprechend den Vorgaben aus dem Pflichtenheft eine Nachbesserung zu verlangen.

Abnahme Fahrzeug(typ)

Vor Inbetriebnahme jeweils eines Fahrzeugs/Fahrzeugtyps und dessen Abnahme sind dem Betreiber mit einer Vorlaufzeit von 14 Tagen folgende Unterlagen in zweifacher Ausführung vorzulegen:

— System- und Einbaubeschreibung

— Übersichtszeichnungen

— Schalt- und Stromlaufpläne

— Softwaredokumentation

— Funkzulassung

— EMV-Nachweis des Auftragnehmers

Die Betreiber sind berechtigt, weitere Unterlagen anzufordern.

Dokumentationen

Vor Lieferung der ersten Anlage ist die vollständige Dokumentation zu übergeben.

Dazu können z. B. gehören:

— Bedienungsanleitungen

- Funktionsbeschreibungen
- Montage-, Inbetriebnahme-, Installationsanleitungen
- Wartungsanleitungen und -software, Prüfvorschriften
- Instandsetzungsanleitungen
- vollständige Konstruktionsunterlagen
- Schaltpläne, Anschlusspläne, Schnittstellenbeschreibungen
- Softwaredokumentation
- Softwarebeschreibungen (Benutzerhandbuch)
- Beschreibung der Daten- und Übertragungssicherheit
- Ersatzteilliste mit Hersteller- und Preisangaben
- EMV-Nachweis
- Erklärung zu den Zulassungsrichtlinien
- Brandschutzzertifikate (soweit für einzelne Komponenten erforderlich)
- Schulungsunterlagen
- Algorithmen zu Ausgleichs- und Korrekturverfahren
- Betriebshandbuch

Die Dokumentation ist dem Betreiber sowohl in Papierform (zweifache Ausfertigung) als auch auf einem Datenträger in einer für den Auftraggeber allgemein lesbaren Form zu übergeben. Beschreibungen sind in einem gängigen Standardtextsystem auszuführen.

15.3 Hintergrundsystem

Die bisherigen im Kapitel 15.3, vor allen in den Abschnitten

15.3.4.2 Hochrechnung

15.3.4.3 Auswertungen

15.3.4.4 Messfahrtenplanung

beschriebenen Handlungsempfehlungen beziehen sich ausschließlich auf die Messkategorie Personen und die daraus ableitbaren Kenngrößen Verkehrsleistung und Besetzung.

Mit der VDV-Schrift 457 Version 2.2 erfolgte bereits 2023 eine Erweiterung auf die Messkategorien

- Fahrräder
- Echtzeitbesetzungen

die folglich bei der Ausprägung der AFZS-Hintergrundsysteme als zusätzliche eigene Messkategorien in der Hochrechnung, Auswertung und Messfahrtenplanung zu berücksichtigen sind.

Dazu gelten folgende ergänzende Vorgaben:

Hochrechnung

Die bisherigen Vorgaben zur Hochrechnung im Abschnitt 15.3.4.2 für die Messkategorie Personen gelten analog als eigenständige Vorgaben zu den Messkategorien Fahrräder und Echtzeitbesetzung. Damit sind künftig autarke Hochrechnungen von der Stichprobe auf die Grundgesamtheit für alle 3 Messkategorien zu realisieren. Hinsichtlich der Methodik wird auf Kapitel 11 verwiesen.

Auswertungen

Die bisherigen Vorgaben zur Auswertung im Abschnitt 15.3.4.3 galten bisher ausschließlich für die Messkategorie Personen.

Nachdem aus der Hochrechnung erwartungstreue Schätzwerte für alle 3 Messkategorien vorliegen, ist sicherzustellen, dass auch die Ergebnisse für die Messkategorien Fahrräder und Echtzeitbesetzungen nach parametrisierbaren Vorgaben ausgewertet werden können.

Messfahrtenplanung

Hier ist zu berücksichtigen, dass für die Messkategorien Fahrräder und Echtzeitbesetzung modifizierte und von der Messkategorie Personen abweichende Vorgaben zu den Wertebereichen der Messgenauigkeit und zum Nachweis der statistischen Unverzerrtheit auf Grundlage des Äquivalenztests erarbeitet wurden.

Damit sind in der Messfahrtenplanung zu berücksichtigen:

Personen

Die Fallzahlplanung zur Messkategorie Personen und Nachweisführungen zur statistischen Unverzerrtheit erfolgen unverändert in bisheriger Form als Stichprobe im heterograden Fall mit

unendlicher Grundgesamtheit und unter Berücksichtigung der Fehler 1. und 2. Art. Hierzu wird auf Anlage 2 Regelkatalog zur Testierung der Messgenauigkeit Personen sowie auf Kapitel 7 verwiesen.

Fahrräder

Die Fallzahlplanungen zur Messkategorie Fahrräder sowie zum Nachweis der statistischen Unverzerrtheit erfolgen nach dem Ansatz zur Messkategorie Personen, aber mit veränderten und von der Personenzählung abweichenden Vorgaben zur Standardabweichung, Größe der globalen Unverzerrtheit sowie zum zulässigen Äquivalenzbereich.

Hierzu wird auf Anlage 6 Regelkatalog zur Testierung der Messgenauigkeit Fahrräder sowie auf Kapitel 7 verwiesen. Dabei ist zu beachten, dass die Bearbeitung von Nachfragedaten der Zählkategorie Fahrräder im Hintergrundsystem, auch die Berücksichtigung der gemäß VDV-Schrift 457 2.2 Anlage 6 (zugleich als Prüfkriterien) dazu gehörenden Personen-Ein- und Ausstiege erfolgen muss.

Echtzeitbesetzung

Die Fallzahlplanung erfolgen analog zur Fallzahlplanung Personenzählung mit Anpassungen an Zulassungsbereichen und erwarteten Fehleranteilen nach den Prüfkriterien.

Abweichend von der Personenzählung werden als neue Prüfkriterien die Kenngrößen

- Mittlerer Abstand der automatisch erfassten Besetzungswerte
- Mittlere Verzerrung der automatisch erfassten Besetzungswerte
- Ausreißerkontrolle

mit spezifischen Wertebereichen verwendet.

Der Nachweis der statistischen Unverzerrtheit erfolgt nur für die beiden ersten Kriterien.

Hierzu wird auf Anlage 7 Regelkatalog zur Testierung der Messgenauigkeit Echtzeitbesetzungen sowie auf Kapitel 7 verwiesen.

15.3.1 Grundsatzanforderungen

Dieser Teil des Rahmenlastenheftes beschreibt produkt- und systemneutral die funktionalen Anforderungen an ein Hintergrundsystem für automatische Fahrgastzählsysteme (AFZS-HGS). Dabei besteht die Möglichkeit, in den Abschnitten 15.2 "Fahrzeugausrüstung – On Board-Systeme", sowie 15.3 "Hintergrundsystem" genannte funktionale Anforderungen sowohl dem Fahrzeug wie auch dem Hintergrundsystem zuzuordnen, sofern die dafür gegebenen Voraussetzungen eingehalten werden können.

Ausgangspunkt und grundsätzliche Überlegung ist eine Standardisierung sowie eine unternehmensneutral und unternehmensübergreifende Vergleichbarkeit gewonnener Zähldaten über AFZS.

Zielsetzung ist der Einsatz geeigneter AFZS-Hintergrundsysteme, welche die Anforderungen vor allem hinsichtlich einer einheitlichen Methodik zur

— Bestimmung des Stichprobenumfangs (Anzahl der Zählfahrten)

— Auswahl der Messfahrten aus der Gesamtheit der Soll-Fahrten

— Disposition der Messfahrten im Fahr- bzw. Umlaufplan

— Kontrolle und Nachplanung der Messfahrtendurchführung

— Güteprüfung (vgl. Kapitel 10)

— Saldenausgleich (vgl. Kapitel 8)

— Hochrechnung

vollständig erfüllen.

Dazu zählt auch:

— Plausibilität der Messtage:

  — Ist die Relation zwischen Ein- und Aussteigern eines Fahrzeugs über einen vollständigen Betriebstag plausibel?

— Plausibilität der Messfahrten:

  — Ist die Relation zwischen den Ein- und Aussteigern eines Fahrzeugs im Rahmen des Saldenausgleichs plausibel?

Die Überwachung soll automatisch erfolgen. Beim Überschreiten von Schwellenwerten sind Daten automatisch für die Weiterverarbeitung zu Nachfragedaten zu sperren und Fehlermeldungen bzw. Warnungen zu erzeugen. Die Einstellungen müssen dabei parametrierbar sein. Die nicht plausiblen Rohdaten sollten zu Kontrollzwecken gesondert ausgewiesen bzw. angezeigt werden.

Dabei kann der Anbieter eines AFZS die Teilsysteme (On Board-Systeme und Hintergrundsystem) integriert bzw. autark anbieten. Zielsetzung ist dabei eine optimale Unterstützung der Arbeitsprozesse.

Davon unabhängig muss der Wechsel auf Zählgeräte eines anderen Herstellers prinzipiell möglich sein.

Damit sind alle diesbezüglichen Schnittstellen für den Datentransfer von Zähldaten und Solldaten offen zu legen und zu beschreiben.

Im Falle von getrennten Angeboten von Hardware und Hintergrundsystem sind beide Anbieter zu verpflichten, zur Sicherung der Kompatibilität von Hard- und Software-Komponenten und Schnittstellen die jeweiligen Schnittstellen eigenverantwortlich, selbstständig, bilateral und kostenneutral für den Auftraggeber zu klären. Das schließt auch gegenseitige Konsistenzprüfung der jeweiligen Datentransfers ein, wenn nichtkonsistente Daten erkannt und abgewiesen werden. Die Hinweise zu Schnittstellen in Anlage 5 sind dabei von allen inhaltlich konsistent zu beachten.

Im Rahmen der Fahrplan-Datenhaltung muss die Planung von Zählfahrten (Messfahrtenplanung) zur Sicherstellung einer ausreichend großen und repräsentativen Stichprobe für die Hochrechnung möglich sein.

Geplante Einsätze von Zählfahrzeugen sind unter anderem linien- und/oder kursbezogen festzulegen. Daraus sind Einsatzpläne für die Zählfahrzeuge zu generieren. Diese Einsatzpläne müssen tagesgenau und automatisiert der Fahrzeugdisposition übergeben werden können.

Verfahren zur Plausibilitätsprüfung erfolgter Zählungen und Daten sowie zum Ausgleich von Saldendifferenzen sind anzubieten.

15.3.2 Systemarchitektur und -umgebung

Die Systemarchitektur soll dem aktuellen Stand der Technik folgen und auf gängigen Industriestandards aufsetzen. Bestehende IT-Strategien und IT-Infrastrukturen des anwendenden Unternehmens sind zu berücksichtigen.

Die gewünschten Anforderungen an das System sind vom VU zu definieren. Hierzu gehören typischerweise z. B.

— Mehrplatzfähigkeit (benötigte Anzahl gleichzeitig definierter/aktiver Benutzer angeben)

— Clienttyp/Betriebssystem

— Servertyp

— Web Client

— Nutzung außerhalb des Firmennetzes

— Datenbank (Typ spezifizieren).

15.3.2.1 Hardwarevoraussetzung

Die Hardwarevoraussetzungen hinsichtlich z. B.

— Datenbankserver

— Anwendungsserver

— Arbeitsplatzrechner

— Netzwerk (Anwendungsserver und Arbeitsplatzrechner) und Kommunikationseinrichtungen

zur Anwendung des AFZS-HGS sind vom Hersteller unter Einhaltung der Anforderungen gemäß 15.3.2 "Systemarchitektur und -umgebung" genau zu spezifizieren.

Es sollten unter gegebenen Randbedingungen maximale Rechenzeiten für Softwareprozesse definiert werden. Die Software muss so strukturiert sein, dass diese Rechenzeiten bei einem gemäß den Vorgaben des Herstellers bereitgestellten EDV-Umgebungssystems nicht überschritten werden.

15.3.2.2 Softwarevoraussetzung

Die Softwarevoraussetzungen hinsichtlich z. B.

— Betriebssystem

— Standardsoftware

— Terminalserver

— Datenbank

— Fernwartungen

zur Anwendung des AFZS-HGS sind vom Hersteller unter Einhaltung der Anforderungen gemäß 15.3.2 "Systemarchitektur und -umgebung" mit dem Angebot genau zu spezifizieren.

Eine Erstinstallation von AFZS-HGS auf den bereitgestellten Rechnern ist im Rahmen der Schulung vor Ort durch den Anbieter durchzuführen. Ein entsprechender Datenträger zur eventuellen späteren Neuinstallation ist dem Auftraggeber zu übergeben.

15.3.2.3 Datenversorgung

Für die Übernahme der Zähldaten müssen verschiedene Verfahren bereitgestellt werden, die im Rahmen der Feinspezifikation (Pflichtenheft) detailliert zu definieren sind. Grundsätzlich ist die automatisierte Übernahme der Zähldaten aus Zählgeräten mit gleichzeitiger Konsistenzprüfung zu sichern.

Die Datenübernahme muss selektiv (z. B. zeit- und linienabhängig) erfolgen können. Die Datenübernahme ist zu protokollieren. Zusätzlich ist ein gesondertes Fehlerprotokoll zu erstellen, welches die fehlerhaften Sätze enthält. Diese Protokolle müssen mit üblichen Softwareprodukten auswertbar sein. Im Fehlerfall sollte es möglich sein, die eingelesenen Zähldaten wieder zu entfernen, ohne dass die gesamte Datenbank betroffen ist. *Die dafür notwendigen Berechtigungen (Administrator, Sachbearbeiter, Hersteller usw.) sind mit dem Lastenheft zu definieren.*

Die Fehlerquote der Zähldaten (welche Fehlerquote, Einschub aus AG QS) ist zu ermitteln und zu überwachen. Bei Überschreiten einer frei definierbaren Grenze ist eine Warnmeldung bzw. Fehlermeldung zu generieren. Bei Abweichungen der Zähldaten von zu definierenden und einstellbaren Parametern kann eine Zähldatei (Definition) verworfen werden. Dabei ist eine entsprechende Protokollierung vorzunehmen (z. B. Fahrzeugnummer, Dateiname, Zählzeitraum, Summe Einsteiger, Summe Aussteiger, Prüfergebnis). Versehentliches doppeltes Erfassen von Zähldateien ist auszuschließen.

Für die Definition dieser Schnittstellen gelten die Darstellungen in den 15.2.5 Fahrzeugausrüstung – On Board-Systeme sowie 15.4 Datenintegration des Rahmenlastenheftes.

Für die Übergabe sowohl von Istdaten als auch von Solldaten sind Übergabeverzeichnisse einzurichten, in welche die Dateien zur Versorgung des AFZS-HGS einzustellen sind. Das AFZS-HGS muss die Daten beim Import aus diesen Verzeichnissen auslesen können.

Bedingungen und Vorgaben zur Prüfung der Vollständigkeit im Übergabeverzeichnis vor dem Import nach AFZS-HGS sind darzustellen. Eine weitere Ausgestaltung erfolgt mit der Feinspezifikation.

15.3.2.4 Sicherung und Archivierung

Die Bedingungen und Voraussetzungen für die Haltung des Datenbestandes in einer Datenbank, für die Möglichkeiten einer eigenen Backup-Funktionalität sowie für die Sicherung der Übergabedaten sind darzustellen. Eine weitere Ausgestaltung erfolgt mit der Feinspezifikation.

15.3.3 Schnittstellen

Solldaten-Schnittstelle

Grundlage für die Versorgung des AFZS-HGS mit Solldaten bildet ein Export aus dem Fahrplanprogramm. Regelfall soll hier VDV 452 in der jeweils gültigen Version sein. Dies schließt auch eine gegenseitige Konsistenzprüfung der Daten auf Vollständigkeit und Plausibilität ein, wodurch nichtkonsistente Daten erkannt und abgewiesen werden. Diese Abweisungen sind zu protokollieren und nach zu parametrisierenden, möglichst einheitlichen Kriterien vorzunehmen. Für weitere Detaillierungen wird auf den 15.4„Datenintegration auf Basis VDV-Datenmodell“ verwiesen. Es müssen alle für das AFZ-System notwendigen Solldaten in der Solldatenschnittstelle übergeben werden. Eine manuelle Nachpflege in der Datenmanagement- bzw. Auswertungssoftware sollte vermieden werden. Davon unabhängig muss es ein definiertes Stamm- bzw. Solldatenmanagement geben.

Die Gültigkeit eines Solldaten-Exportes ergibt sich aus den Tagen, für die der zugehörige Kalender definiert ist. Es ist zu sichern, dass der aktuelle Fahrplan (Tagesfahrplan) auch täglich verwaltet und als Grundlage für die Zuordnung der Zähldaten verwendet werden kann.

Neue Daten sind unter Berücksichtigung dieser Gültigkeit in die bestehenden Dateien zu integrieren. Bei Überschneidungen in der Gültigkeit ist der Gültigkeitsbereich der alten Daten so zu korrigieren, dass diese mit den neuen Daten überschrieben werden können. Die Speicherung und Aktivierung alter Daten in Verbindung mit dem alten Fahrplan muss unbedingt gewährleistet werden.

Die für das AFZS-HGS notwendige Form bei der Übergabe von Änderungen zu bereits bestehenden und übergebenen Solldaten (z. B. nachträgliches Einpflegen von Streckenattributen) ist mit dem jeweiligen unternehmensspezifischen Lastenheft festzulegen. Hier ist zu unterscheiden zwischen einer differenziellen und einer vollständigen Datenübernahme. Eine weitere Ausgestaltung kann nur im Rahmen der Feinspezifikation erfolgen.

Möglichkeiten und Grenzen für eine rückwirkende Änderung von Solldaten für einen Zeitraum, für den bereits Messfahrten vorliegen, sind darzustellen.

Es sollten unter gegebenen Randbedingungen maximale Rechenzeiten für die Dauer von Fahrplandatenimporten definiert werden. Die Software muss so strukturiert sein, dass diese Rechenzeiten bei einem gemäß Vorgaben des Herstellers bereitgestellten EDV-Umgebungssystems nicht überschritten werden.

Istdaten-Schnittstelle

Grundlage für die Versorgung des AFZS-HGS mit Istdaten bildet ein Export aus dem jeweiligen Fahrgastzählsystem. Die zur Verfügung gestellten Informationen je Fahrt, je Haltestelle und je Streckenelement sind zu übernehmen. Die korrekte Zuordnung der Messfahrten zu ihren Soll-Fahrten durch das Vorsystem und eine entsprechende Konsistenz der Daten im Soll und Ist zum AFZS-HGS ist im Hintergrundsystem zu prüfen.

Bei der Übergabe der Istdaten (z. B. von VU zum Verbund) ist die Manipulationssicherheit der Zähldaten zu gewährleisten.

Es ist zu sichern, dass Daten von Messfahrten von Fahrzeugen ohne Zählgeräte (mit manueller Erhebung) in das AFZS-HGS übernommen und ausgewertet werden können. Die manuellen Zähldaten sollten zur Unterscheidung von AFZ-Daten eine gesonderte Kennzeichnung erhalten.

15.3.3.1.1 Plausibilitätsprüfung und Korrekturen

Das AFZS-HGS hat vor der Übernahme von Zähldaten eine automatische Konsistenz- bzw. Plausibilitätsprüfung durchzuführen. Es sind deshalb Prüfverfahren zu integrieren, die bei Auftreten **jeglicher** Ausnahmesituationen aussagekräftige Fehlermeldungen für den Nutzer erzeugen.

Zu prüfen ist u. a. die Plausibilität der Zähldaten. Hierzu gehören z. B. die Prüfungen

- des Fahrzeugtyps im Kontext zum tatsächlich gefahrenen Fahrplan,
- der Zugehörigkeit der Haltestellennummer zur Linie,
- der Datums- und Zeitangaben (Zähldatum innerhalb des Messzeitraums, aufsteigende Folge der Uhrzeiten ohne Ausnahmen, ...),
- der maximal möglichen Ein- und Aussteigerzahlen (definierte Parameter),

— der Fahrzeiten zwischen zwei Haltestellen,

— der zählfreien Zwischenräume in der Datenaufzeichnung oder

— der Betriebsstörungen.

Datensätze, die Plausibilitätsprobleme aufweisen, werden hinsichtlich ihrer Aufnahme in die Datenbank der Entscheidung des Nutzers unterworfen. Der Umfang dieser Regelungen ist mit der Feinspezifikation auszugestalten.

Grundsätzlich soll gelten:

— Messfahrten mit technischen Fehlern des AFZ sind grundsätzlich für die Weiterverarbeitung zu sperren.

— Messfahrten, zu denen keine entsprechenden Soll-Fahrten im AFZS-HGS vorliegen, sind zu verwerfen und nicht für die Hochrechnung zu verwenden. Ausnahmen bilden nachträgliche eindeutige Zuordnungsmöglichkeiten. Hierzu ist eine Bearbeitungsoberfläche anzubieten.

— Messfahrten, deren Haltestellenfolge nicht exakt mit der Haltestellenfolge im Soll übereinstimmt, sollten manuell genehmigt, nachbearbeitet oder verworfen werden können. Dies betrifft auch Messfahrten, bei denen Zwischenhalte durch das Vorsystem nicht einer Haltestelle zugeordnet worden sind.

Auf alle zugeordneten und korrigierten Fahrten ist der AFZS-HGS-Saldenausgleichsalgorithmus anzuwenden. Dieser hat die durch zufällige Messfehler entstandenen Differenzen in den Salden von Ein- und Aussteigern auszugleichen. Der Ausgleich kann sowohl für Fahrten als auch für Fahrtenfolgen durchgeführt werden. Für weitere Aussagen wird auf Kapitel 8 „Korrektur- und Ausgleichsverfahren“ verwiesen. Diese Aussagen gelten als Bestandteil des Rahmenlastenheftes.

15.3.3.1.2 Protokollierung

Bei jeder Datenübernahme ist neben der Konsistenzprüfung ein Protokoll anzulegen.

Der Inhalt des Protokolls ist so zu gestalten, dass er auch ohne Kenntnisse über die Programmierung der Software verständlich ist. Die Fehlerarten müssen eindeutig und erkennbar sein. Eine für den Anwender verständliche Aufbereitung und Benennung sowie eine weitere Auswertung mit allgemein verwendeter Standard-Software wird gefordert.

Die erfolgreiche Durchführung von Korrektur- und Ausgleichsverfahren sollte dem Anwender angezeigt bzw. in Protokollen dokumentiert werden.

15.3.4 Funktionalität

15.3.4.1 Allgemein

15.3.4.1.1 Anforderungen an das Datenmanagement

Das verwendete Datenmodell sollte in der Systemdokumentation offengelegt und ein Zugriff auf die Daten ermöglicht werden.

Die Solldaten-Haltung in der Datenbank soll sich an VDV-452 orientieren.

AFZS-HGS muss die definierten Solldaten und Istdaten in den definierten Datenstrukturen speichern und verarbeiten.

Die Definition des Fahrplanes (Fahrtenangebot und Umlaufbildung) hat betriebstagsgenau zu erfolgen. Alle Änderungen (im Fahrplan, bei Linienverläufen usw.) sind durch die Gültigkeit der Version zu unterscheiden. Jede Version muss jeweils einen vollständigen konsistenten Bestand an Solldaten enthalten. Bei der Übernahme aktueller Solldaten ist automatisch eine neue Version anzulegen. Diese Vorgabe muss damit sichern, dass im Falle der Verfügbarkeit im jeweiligen Fahrplansystem auch eine tägliche Übernahme von Ist-Fahrplänen erfolgen kann.

15.3.4.1.2 Administration

AFZS-HGS-Benutzer müssen eingerichtet werden können (Angebot von Hauslizenzen). Für jeden AFZS-HGS-Benutzer ist zur Benutzerkennung ein Passwort zu vergeben.

Die Administration soll nur nach Eingabe dieses Passwortes möglich sein. Ggf. ist ein rollenbasiertes Berechtigungskonzept umzusetzen.

Sämtliche Pfade, insbesondere die der Übergabeverzeichnisse, und die Verbindungsinformationen zum Zugriff auf die Datenbank müssen eingestellt werden können.

Die Übernahme von Soll- und Istdaten muss angestoßen werden können. Der Startzeitpunkt der Prozeduren muss voreinstellbar sein. Nach erfolgter entsprechender Bedienhandlung muss die Datenübernahme automatisch durchlaufen. Vor der Übernahme von Soll- und Istdaten muss eine Plausibilitätsprüfung erfolgen.

Bei Datenübernahmen angelegte Protokolle müssen vom Administrator eingesehen und ausgewertet werden können.

Das Löschen von Daten darf nur von autorisierten Personen durchgeführt werden und muss jeweils administrativ gesichert, dokumentiert und protokolliert werden.

Der Softwarelieferant muss hierzu offen legen, welche Prozesse regelmäßig durchgeführt werden müssen und welche Zugriffsrechte dafür benötigt werden (laufende Datenübernahmen, Transformation, Datenexporte, Protokollierungen, Nutzung von Bestandteilen des Betriebssystems für Programmbibliotheken und Registrierungen usw.).

15.3.4.1.3 Anforderungen an die Bedienung

Der AFZS-HGS-Client muss an beliebiger Stelle installiert werden können. Verknüpfungen auf dem Desktop oder im Startmenü müssen ebenso wie z. B. die benötigten Konfigurationsdateien bei der Installation angelegt werden.

Besondere DV-Kenntnisse zur Programmbedienung bzw. Kenntnisse sollen für die Bedienung des Systems nicht erforderlich sein.

Die Bereitstellung der Funktionalität hat für alle Module menügesteuert über eine graphische Oberfläche zu erfolgen.

Sämtliche Menüs und Dialoge sind übersichtlich anzuordnen und müssen einfach und weitgehend intuitiv bedienbar sein.

Eingaben sollen nach ihrem Abschluss auf Vollständigkeit und Korrektheit geprüft werden. Auf eventuelle Fehleingaben muss hingewiesen werden. Mit Blick auf unerfahrene Nutzer sollte es zudem möglich sein, die Software so einzustellen, dass optional eine unmittelbare Reaktion auf jede abgeschlossene Eingabe auf dem Bildschirm erzeugt werden kann, die dem Anwender auch die erfolgreiche Eingabe bestätigt.

Löschvorgänge dürfen nur nach Bestätigung einer Sicherheitsabfrage durchgeführt werden können und nur dann, wenn sie keine Inkonsistenzen der Daten zur Folge haben.

Vor dem Schließen von Ergebnisdokumenten soll eine Abfrage erfolgen, ob diese gespeichert werden sollen.

Im Rahmen der erteilten Lizenzen müssen mehrere Benutzer gleichzeitig mit dem System arbeiten können. Ausnahme darf nur die Sperrung des Datenbestands während einer laufenden Datenübernahme sein.

15.3.4.2 Hochrechnung

Mit der Funktion Hochrechnung müssen sich die aus einer Stichprobe erhobenen Daten, also Verkehrsmenge (beförderte Personen) und Verkehrsleistung (Personenkilometer), auf die Grundgesamtheit (bezogen auf einen bestimmten Zeitraum) hochrechnen lassen.

Bei einer geschichteten Probe ist nach diesem Prinzip zunächst schichtweise hochzurechnen. Die hochgerechneten Werte je Schicht sind zum Gesamtergebnis zu addieren. Nicht erhobene Schichten müssen behandelt werden und dürfen nicht automatisch von der Hochrechnung ausgeschlossen werden. Hierzu sind Verfahren anzubieten.

Der Hochrechnungszeitraum muss eingestellt werden können.

Die Betriebe/Betriebsteile/Linien, von denen Fahrten in die Hochrechnung eingehen sollen, müssen variabel ausgewählt und zusammengestellt werden können.

Der Anwender muss für einen beliebigen Linienabschnitt, einen Streckenabschnitt (linienübergreifend), ein Gebiet oder eine Tarifzone eine Hochrechnung durchführen können.

Zur Reduzierung des Stichprobenfehlers bei einer gegebenen Anzahl von Messfahrten muss das AFZS-HGS mit einer geeigneten Schichtung der Stichprobe arbeiten. Schichtungskriterien sind Linie, Linienvarianten, Richtung, Tagesartgruppe und Tageszeit. Die Schichtungen sind in der Feinspezifikation festzulegen. Ein Verfahren zur dynamischen Schichtung, zur Homogenisierung der Erhebungsschichten und zur Reduzierung der Schichtstreuungen soll wahlweise zur Verwendung von starren Schichten zur Anwendung kommen.

Sämtliche Fahrten innerhalb des Hochrechnungszeitraumes sind automatisch einer der oben angeführten Schichten zuzuordnen. **Maßgeblich für die zeitliche Zuordnung hat die Abfahrtszeit (bzw. ein anderer zeitlicher Parameter für die Bestimmung der Fahrt) an der ersten Haltestelle zu sein. Wahlweise muss auch eine minutengenaue Zuordnung möglich sein**. Diese Parameter müssen vom Nutzer einstellbar sein und protokolliert werden.

Alternativ muss AFZS-HGS in der Lage sein, eine beliebige Schichtung aus einer Tabelle in üblichen Datenbankformaten zu übernehmen.

Ebenso darf für bestimmte AFZS-Anwendungen, z. B. für Hochrechnungen zum Zwecke der Einnahmeaufteilung, keine Selektion von Einzelfahrten möglich sein.

15.3.4.3 Auswertung

15.3.4.3.1 Allgemein

Sollten in dem anwendenden Unternehmen bereits Reporting- und Analysetools im Einsatz sein, sind diese auf Nutzbarkeit und Integrationsfähigkeit zu überprüfen.

Grundsätzliche Auswertung:

Abbildung der Zählergebnisse als

— Verkehrsmenge in beförderte Personen, Einsteiger bereinigt um Wiederaussteiger, Verkehrsleistung in Personenkilometer (die Ergebnisse resultieren aus der ermittelten Besetzung unter Hinzuziehung einer Entfernungsmatrix).

Allgemeine Anforderungen für Analysen / Auswertungen:

Selektionskriterien für die Auswertung des Zähleinsatzes:

— Zeitschichten

— Linien

— Linienvarianten

— Richtung

— eingesetzte Zählfahrzeuge

— Tagestypen

— Von-/Bis-Haltestelle

Alle Selektionskriterien müssen einzeln, aber auch in Kombination auswählbar sein.

Auswertungen müssen durch den Nutzer frei definierbar tages-, wochen-, monats-, quartals- und jahresweise, aber auch mit beliebig eingrenzbarem Datum für zusammenhängende und nicht zusammenhängende Zeiträume durchführbar sein. Die Abbildung von Fahrplanperioden ist in jedem Fall zu sichern.

Weiterhin ist zu gewährleisten:

— zeitraumbezogene Auswertungen und Vergleichsmöglichkeiten für unterschiedliche Zeitreihen von mindestens drei gleichartigen Perioden (Quartale, Sommerfahrpläne usw.) im System auch jahresübergreifend speicherbar

— alle linienbezogenen Auswertungen auch für die aus Linien sowie aus Linien und Teillinien bestehenden Linienbündel

— der Vergleich dieser Auswertungen miteinander

— Darstellung von Streckenbelastungen und Querschnittsbelastungen pro Linie bzw. Linienbündel

— Linien Einzelrapporte, Linien-Haltestellen-Rapporte (Streckenprofile) und Linienbelastungen für einzelne frei auszuwählende Linien, jeweils richtungsbezogen

— Darstellung von Ganglinien

— Zusammenfassung von Doppel-Haltestellen.

Die Linienrapporte sollten u. a. beinhalten:

— Gruppierung der einzelnen Linien je Fahrzeugart

— Plankilometer

— Messanteil

- Ein- und Aussteiger
- Saldo der Ein- und Aussteiger
- Mittlere Fahrgastzahl gerundet
- Stichprobenfehler, Standardabweichung, Varianz
- Gerechnete Personenkilometer gerundet
- Auslastung der angebotenen Kapazität
- Fahrzeugkapazität
- Mittlere Reiseweite
- Besetzung.

Für Linien mit Messanteilen unter einer vorgebbaren Prozentzahl sollten keine Angaben ausgegeben werden.

Alle Ergebnisse sollen graphisch und tabellarisch dargestellt werden können.

Die Ausgabe der Ergebnisse in allgemein verwendeten Standard-Programmen soll möglich sein. Weitere Ausgabemöglichkeiten sind im Rahmen des detaillierten Pflichtenheftes mit dem Auftraggeber abzustimmen. Die Exportschnittstellen sind entsprechend zu dokumentieren und dem Auftraggeber in geeigneter Form zugänglich zu machen.

Mindestanforderungen an graphische Auswertungen für die Linienberichte, unterteilt nach z. B. Starklast- und Schwachlastlinien:

- Personenkilometer / Linien
- Reiseweiten / Linien
- Fahrgastzahlen / Linien
- Fahrgastzahlen / Fahrten einer Linie
- Fahrgastzahlen (Einsteiger, Aussteiger, effektiver Saldo, hochgerechnet) / Haltestellen
- Auslastungen prozentual / Haltestellen
- Prozentsatz der Ein- und Aussteiger, bezogen auf die Gesamtzahl der Ein- und Aussteiger / Haltestellen
- Fahrgastzahlen (Einsteiger, Aussteiger, effektiver Saldo, hochgerechnet)/Zeitintervall und Linie
- Besetzung

Die Auswertungen sollten jeweils unter Einsatz und Ausgabe der aufgezeigten Selektionskriterien möglich sein (z. B. Auswertung nach Zeitschichten entsprechend voreinstellbarem Raster).

Die Anlage weiterer Berichte entsprechend den Anforderungen der Nutzer sollte mit einfachen Mitteln möglich sein.

Die für die Berichtserstellung benötigten Datenstrukturen sind offen zu legen, um eigene Berichtserstellungen zu ermöglichen bzw. nachträgliche Anpassungen vorhandener Berichte vornehmen zu können.

Als Werte müssen unabhängig von der Auswerteart aus den Messwerten der Stichprobe jeweils berechnet werden können:

— Mittelwert

— Minimum (untere Vertrauensgrenze)

— Maximum (obere Vertrauensgrenze)

— Summe

— Standardabweichung/Variationskoeffizient

— Werteanzahl

Sofern die Werte mehrerer Auswertearten von ihrer Größe her ähnlich und somit auf einer Skala darstellbar sind, müssen sie gemeinsam in einer Darstellung analysiert werden können.

15.3.4.3.2 Fahrtenauswahl

Durch die Fahrtenauswahl muss für alle Auswertungen individuell festgelegt werden können, auf welchen Messfahrten sie basieren sollen.

Die Einschränkung aller Fahrten auf die Fahrten, welche mindestens einen Ort der Ortsmenge oder alle Orte der Ortsfolge anfahren, muss automatisch vorgenommen werden. Diese Auswahl kann weiter eingeschränkt werden.

Es müssen eine Selektion nach Linie, Richtung und Linienvariante und eine zeitliche Eingrenzungen nach

— dem Datum (bis zu 3 Datumsbereiche)

— der Tageszeit (bis zu 3 Tageszeitbereiche)

— der Tagesart oder dem Wochentag möglich sein

Wurde eine tageszeitliche Eingrenzung vorgenommen, so ist jede Fahrt zu berücksichtigen, für die die planmäßige Abfahrtszeit an der Anfangshaltestelle der Fahrt innerhalb des Zeitbereichs liegt.

Die Fahrtenauswahl muss des Weiteren erfolgen können über:

— Umlaufnummer

— Fahrzeugnummer

— Fahrzeitgruppe

Die ausgewählten Fahrten müssen in einer Fahrtenübersicht dargestellt werden, die sich nach

— Linie

— Richtung

— Variante

— Umlauf

— Planmäßige Abfahrtszeit

— Datum

— Tagesart und

— Fahrzeugnummer

sortieren lässt.

Aus den zur Verfügung stehenden Fahrtenkollektiven müssen einzelne Fahrten oder Fahrtengruppen selektiert werden können, sofern sich dafür ein hinreichend großer Stichprobenumfang ergibt.

Die Gesamtzahl der Fahrten, welche die vorgegebenen Kriterien erfüllen, muss angezeigt werden.

Die Fahrtenauswahl muss als Datei in üblichen Formaten abgespeichert und mit einer allgemein verwendeten Software (z. B. auch in Excel) weiter verarbeitet werden können.

15.3.4.3.3 Fahrgastzählung

Mit der Funktion „Fahrgastzählung“ sollen dem Anwender – basierend auf den ausgewählten Messfahrten – folgende Auswertearten zur Verfügung stehen:

— Die Auswerteart „Einsteiger“ hat die Zahl der an einem Ort eingestiegenen Fahrgäste zu ermitteln.

— Die Auswerteart „Aussteiger“ hat die Zahl der an einem Ort ausgestiegenen Fahrgäste zu ermitteln.

— Die Auswerteart „Besetzung“ hat die Zahl der ab einem Ort bis zum nächsten Ort im Fahrzeug befindlichen Fahrgäste zu ermitteln.

— Die Auswerteart „Besetzungsgrad“ (Auslastung) hat die Besetzung ins Verhältnis zur Fahrzeugkapazität (Platzanzahl) zu setzen. Die Definition der Fahrzeugkapazität muss im Lastenheft erfolgen, weil unterschiedliche Bemessungsgrundlagen z. B. für Sitz- und Stehplätze existieren.

— Die Auswerteart „Personenkilometer“ hat die Zahl der ab einem Ort bis zum nächsten Ort im Fahrzeug befindlichen Fahrgäste zu ermitteln, multipliziert mit der zwischen diesen Orten zurückgelegten Distanz.

— Die Auswerteart „Platzkilometer“ hat die Zahl der Plätze im Fahrzeug (Definition der Fahrzeugkapazität ist notwendig) zu ermitteln, multipliziert mit der ab einem Ort bis zum nächsten Ort zurückgelegten Distanz.

— Die Auswerteart „Platzauslastung“ hat die Auslastung auf Basis der Ergebnisse aus Personenkilometer (Nachfrage) und Platzkilometer (Angebot) zu ermitteln.

15.3.4.3.4 Darstellung und Speicherung

Alle oben angeführten Auswertungen müssen sich in Tabellenform darstellen lassen. Sofern mehrere Wertespalten verfügbar sind, müssen sich diese beliebig ein- oder ausblenden lassen. Die Tabelle muss sich nach jeder Spalte sortieren lassen und muss mindestens in das ASCII-Format exportiert werden können.

Alle oben aufgeführten Auswertungen müssen sich auch als nach Wunsch des Anwenders (z. B. als Balken-, Punkt- und Liniendiagramm mit wählbaren Farben für jede Wertereihe) formatierbares Diagramm darstellen lassen.

Falls dies vom Kunden gewünscht wird, kann die graphische Darstellung auch als Raster- oder Vektorgrafik exportiert werden.

Auswerteergebnisse müssen sich unter einer frei vorgebbaren Bezeichnung in der AFZS-HGS-Datenbank speichern und später zur tabellarischen wie graphischen Darstellung wieder öffnen lassen, ohne dass eine erneute Berechnung notwendig ist.

Abgespeicherte Ergebnisse müssen sich jederzeit auch wieder aus der Datenbank entfernen lassen.

15.3.4.4 Messfahrtenplanung

15.3.4.4.1 Aufgaben

Die Inhalte zum Tool „Messfahrtenplanung“ sind wie folgt zu strukturieren:

— Bestimmung des Stichprobenumfangs (Anzahl der Zählfahrten)

— Auswahl der Messfahrten aus der Gesamtheit der Soll-Fahrten

— Disposition der Messfahrten im Fahr- bzw. Umlaufplan

— Kontrolle und Nachplanung der Messfahrtendurchführung.

Zur Begrenzung des Erhebungsaufwandes und Sicherstellung der Erhebung einer repräsentativen Stichprobe ist es notwendig, eine erforderliche Anzahl von Fahrten (Mindeststichprobenumfang) zufällig zur Messung auszuwählen.

Hinsichtlich der Grundlagen der Stichprobenplanung, der zufälligen Auswahl der Messfahrten, der Einordnung in den Fahrplan bzw. Umlaufplan sowie der Kontrolle und Korrektur der Qualität der durchgeführten Messfahrten wird auf die Kapitel 2, 3, 4, 5 und 6 verwiesen. Dieser Teil gilt als Inhalt des Rahmenlastenheftes.

Für Verbundlösungen ist die Berücksichtigung eines übergeordneten Kontroll-Tools (Vorgabe der statistischen Rahmenbedingungen, Kontrollmöglichkeit der Umsetzung der Vorgaben) zum Zwecke der Einheitlichkeit und des gegenseitigen Vertrauensschutzes im Verbund sinnvoll.

15.3.4.4.2 Funktionale Anforderungen

Allgemeine Anforderungen

Aufgabe des Tools „Messfahrtenplanung“ ist es, den Einsatz der Zählfahrzeuge zu steuern und zu kontrollieren. Es gibt dem Anwender bzw. den Betriebshöfen vor, in welcher Reihenfolge welche Umläufe mit einem Messfahrzeug zu versehen sind.

Mit dem Tool „Messfahrtenplanung“ sind zu verarbeiten:

— die Menge aller Umläufe (mit Angabe von Umlaufnummer, zugehörigen Fahrten, Betriebshof, Fahrzeugtyp, Tagesart)

— die Menge aller Fahrten (beschrieben nach den Identifikationskriterien Linie/Unterlinie/Richtung/Von Haltestelle/Nach Haltestelle/Abfahrtzeit an der Starthaltestelle/Tagesart)

— der Firmenkalender mit Zuordnung der Kalendertage zu Tagesarten

— die Betriebshöfe

— die zur Verfügung stehenden Fahrzeugtypen

— die Zahl der an einem Betriebstag auf einem Betriebshof zur Verfügung stehenden Messfahrzeuge je Fahrzeugtyp.

Zusätzlich ist für die eindeutige Zuordnung von Ist- zu Solldaten die Angabe eines Datums zusätzlich zu den genannten Merkmalen zusätzlich erforderlich.

Für die Ermittlung der Reihenfolge, in der Umläufe auf die Messtage zu verteilen sind, sind zwei Verfahren zu realisieren:

— zufälliges Auswahlverfahren

— Bewertungsverfahren

Der Messzeitraum ist automatisch in zwei zeitliche Abschnitte zu teilen:

— Periode 1, in der das zufallsgesteuerte Auswahlverfahren angewendet wird

— Periode 2, in der das Bewertungsverfahren angewendet wird

Das Tool „Messfahrtenplanung“ hat dazu laufend den Zeitpunkt zu ermitteln, bis zu dem eine Sättigung aller notwendigen Stichprobengrößen erreicht werden kann. Der aktuelle Sättigungsgrad soll für jede Schicht zu einem beliebigen Zeitpunkt angezeigt werden können.

Überschreitet dieser Zeitpunkt während Periode 1 einen vorgegebenen Tag, so ist eine Warnung auszugeben. Überschreitet er einen weiteren vorgegebenen Tag, ist das Auswahlverfahren zu beenden und das Bewertungsverfahren zu beginnen. Werden alle notwendigen Stichprobenumfänge während der Periode 1 erreicht, ist das Auswahlverfahren fortzusetzen und das Bewertungsverfahren nicht zum Einsatz zu bringen. Erreicht der prognostizierte Zeitpunkt während Periode 2 das Ende des Erhebungszeitraumes, so ist eine Warnung auszugeben.

Beispiel ohne erforderlichen Verfahrenswechsel:

Stichprobenvorgabe	5.000 Fahrten
Stichprobenzeitraum	32 Tage
Auswahlsatz (Messfahrten) / Tag	156 Messfahrten / Tag
Kontrolltermin	16. Tag
Soll Messfahrten zum Kontrolltermin	2.500 Fahrten
Ist-Messfahrten zum Kontrolltermin	2.500 Fahrten
Noch geplante Messfahrten	2.500 Fahrten
Summe Messfahrten bis Ende Stichprobe	5.000 Fahrten
Differenz	0
Erfüllungsstatus Ende Stichprobe	100 %

Beispiel mit erforderlichem Verfahrenswechsel:

Stichprobenvorgabe	5.000 Fahrten
Stichprobenzeitraum	32 Tage
Auswahlsatz (Messfahrten) / Tag	156 Messfahrten / Tag
Kontrolltermin	16. Tag
Soll Messfahrten zum Kontrolltermin	2.500 Fahrten

Beispiel mit erforderlichem Verfahrenswechsel:	
Ist-Messfahrten zum Kontrolltermin	2.000 Fahrten
Warnung wegen unzureichender Sättigung	16. Tag
Ist-Messfahrten am Tag nach Warnmeldung	2.200 Fahrten
Wechsel in das Bewertungsverfahren wegen weiterhin unzureichender Sättigung	17. Tag
Noch geplante Messfahrten	2.800 Fahrten (Bewertungsverfahren)
Summe Messfahrten bis Ende Stichprobe	5.000 Fahrten
Differenz	0
Erfüllungsstatus Ende Stichprobe	100 %

Es ist mit dem Tool „Messfahrtenplanung“ zu sichern, dass bis zur Erreichung des Stichprobenumfanges alle gezählten (d. h. auch die nicht vom System selbst vorgegebenen) Fahrten zur Erfüllung der Stichprobenumfänge verwendet werden, sofern diese den Konsistenz- und Plausibilitätsansprüchen genügen.

Einstellungen

a) Verarbeitung der Schichten

Innerhalb der betrachteten Erhebungsperiode müssen die planmäßigen Fahrten nach den folgenden Merkmalen in Schichten eingeteilt werden können:

Linie

— Linienvarianten

— Richtung

— Tagesartgruppe

— Tageszeiten

Das verwendete Schichtenmodell kann vom Anwender im Vorfeld angelegt und bearbeitet werden.

Sämtliche Soll-Fahrten der entsprechenden Linie sollen einer der Schichten zugeordnet werden. Maßgeblich für die zeitliche Zuordnung ist die Abfahrtszeit an der ersten Haltestelle.

Es müssen unterschiedliche tageszeitliche Schichtungen eingestellt werden können.

Folgende Editiermöglichkeiten für Schichtungen müssen gegeben sein:

— Anlegen einer Standardschichtung

— Anlegen einer importierten Schichtung

— Überschreiben einer Schichtung mit der Standardschichtung

— Überschreiben einer Schichtung mit einer importierten Schichtung

— Löschen einer Schichtung

Innerhalb einer Schichtung muss es möglich sein:

— Schichten einzufügen

— Schichten zu löschen

— Schichtgrenzen zu verschieben

Eine tageszeitliche Schichtung muss je Tagesartgruppe für beliebig viele Linien (auch alle oder für eine spezielle Linie) zugeordnet werden können.

b) Anlegen und Bearbeiten von Erhebungsperioden

Die Erhebungsperiode kann vom Anwender beliebig festgelegt werden.

Bei Einrichtung einer Erhebungsperiode soll der Benutzer die Möglichkeit haben, einen frei wählbaren Namen zu vergeben, anhand dessen er die Erhebungsperiode später auswählen und zur Bearbeitung aufrufen kann.

Das Programm soll den Anwender beim Anlegen der Erhebungsperiode unterstützen, z. B. durch einen Dialog bezüglich des Zeitintervalls und der für die Periode gültigen Einstellungen.

Nach Abschluss der Einrichtung einer Erhebungsperiode wird dieser vom Anwender eine der angelegten Schichtungen zugewiesen, die während dieser Periode verwendet werden soll.

Anhand dieser Schichtung ist der notwendige Stichprobenumfang für die Periode automatisch zu berechnen. Grundlage ist hier die Berechnung einer Stichprobengröße im heterograden Fall. Wesentliche statistische Größen sind Mittelwerte und Varianzen der gezählten Personen. Die Größen „Stichprobenfehler“ und „Statistische Sicherheit“ müssen vom Anwender variabel eingegeben werden können. Die Größe „Variationskoeffizient“ als Quotient von Standardabweichung und Mittelwert muss vom AFZS-HGS ermittelt werden.

Es sollte auch eine Möglichkeit geben, während einer Erhebungsperiode die Schichtung zu ergänzen (z. B. bei Einführung neuer Linien aufgrund Fahrplanwechsels innerhalb der Zählperiode bzw. analog für den Wegfall von Linien).

c) Verwaltung der Fahrzeugverfügbarkeit

Die Angabe der Fahrzeugverfügbarkeit wird tagesgenau zur Umlaufzuteilung im Auswahl- oder Bewertungsverfahren benötigt. Deshalb muss sie im System vom Anwender vorgenommen werden können. Da diese Angaben in Fahrplansystemen oder z. B. SAP-Systemen hinterlegt sind, sollte eine Übernahme der Angabe über Schnittstellen im Rhythmus der Fahrplanübernahme erfolgen. Für die gängigen Fahrplanungssysteme sind dafür Lösungen vorzulegen. Die Übernahme der Fahrzeugverfügbarkeiten sollte sich an der Schnittstelle nach VDV 457-5 orientieren (siehe hierzu Kapitel 16 Anlage 5: Schnittstellenspezifikation).

Die Anzahl der Fahrzeuge muss nach den folgenden Merkmalen unterschieden werden:

— Betriebshof

— Fahrzeugtyp

— Gültigkeitszeitraum

Die Einstellung muss je Betriebshof und Fahrzeugtyp für einen beliebig langen Zeitraum mit einer Bedienhandlung erfolgen können. Eine Änderung muss jederzeit im Nachhinein möglich sein. Änderungen sollen bei der nächsten Aktualisierung der Messfahrtenplanvorgabe wirksam werden.

d) Sonstige Einstellungen

Die zufällige Vorgabe von Umläufen sollte aus betrieblichen Gründen für einen bestimmten Zeitraum um ausgewählte Linien eingeschränkt werden können.

Zur Auswahl dieser Linien sollte eine einfach bedienbare Benutzeroberfläche zur Verfügung gestellt werden, in dem die Liniennummer mit Gültigkeitszeitraum eingetragen werden kann.

Erstellung der Umlaufliste

a) Allgemeiner Ablauf

Zur Erstellung bzw. Aktualisierung der Messfahrtenplanvorgabe muss jeder Kalendertag innerhalb der Erhebungsperiode ab deren Beginn oder bzw. ab dem Tag, für den zuletzt disponiert wurde, abgeschnitten werden können.

Innerhalb eines jeden Kalendertages müssen je Betriebshof und Fahrzeugtyp so viele Umläufe zugeteilt werden können, wie laut Einstellung Messfahrzeuge des Typs auf dem jeweiligen Betriebshof zur Verfügung stehen.

Die Reihenfolge der zugeteilten Umläufe ist dazu tagesartgruppenspezifisch durch das Auswahlverfahren oder das Bewertungsverfahren zu ermitteln.

Endet ein zugeteilter Umlauf auf einem anderen Betriebshof, als er ausging, so muss die Fahrzeugverfügbarkeit auf den betroffenen Betriebshöfen für den Folgetag automatisch angepasst werden.

Nach vollständiger Erstellung der Vorgabe muss automatisch die Prognose zur Stichprobenerfüllung gestartet werden.

Die Ermittlung der Verfahrensdauer kann dabei die bereits korrekt gemessenen Fahrten berücksichtigen und davon ausgehen, dass bereits disponierte sowie vom Programm noch vorgesehene Fahrten komplett geleistet werden und verwertbare Messergebnisse erbringen.

Können die notwendigen Stichprobengrößen entsprechend dieser Vorausberechnung nicht mehr in der Erhebungsperiode erreicht werden, so ist das Auswahlverfahren abzubrechen und das Bewertungsverfahren anzuwenden. Das Programm muss in diesem Fall eine Warnmeldung abgeben.

Diese Prognose des Stichprobenerreichungsdatums muss vom Anwender auch jederzeit unabhängig von einer Vorgabenaktualisierung angestoßen werden können.

b) Auswahlverfahren

Alle in der Erhebungsperiode innerhalb der Tagesartgruppe gefahrenen Umläufe sind nach Tagesart, Fahrzeugtyp und Betriebshof getrennt in eine zufällige Reihenfolge zu bringen.

Für einen Kalendertag ist der (gemäß Tagesart an diesem Kalendertag gültige) Umlauf nach einem zu bestimmenden Algorithmus zuzuteilen.

Nach Abschluss, d. h. wenn alle ausgelosten Umläufe verteilt wurden, sind erneut alle Umläufe nach den genannten Kriterien getrennt in eine weitere zufällige Reihenfolge zu bringen.

Eine einmal ausgeloste Umlaufreihenfolge ist über mehrere Vorgabenaktualisierungen zu erhalten. Die Umläufe sind z. B. bei geänderten Begebenheiten (z. B. Fahrzeugverfügbarkeit) unter Beibehaltung der ursprünglichen Reihenfolge neu auf die Kalendertage aufzuteilen. Es sollte auch möglich sein, unabhängig von der Umlaufnummer zu prüfen (zum Beispiel über die Abfahrtszeit), da sich die Umlaufnummer häufig ändert, die Abfahrtszeit aber konstant bleibt. Der Anwender muss die Möglichkeit haben, alternativ eine Neuauslosung vorzunehmen und damit die bisherige Umlaufreihenfolge zu verwerfen.

c) Bewertungsverfahren

Für Periode 2 hat AFZS-HGS – nach erfolgter Prüfung hinsichtlich noch nicht geleisteter Messfahrten – die Aufgabe, eine Dringlichkeitsliste der noch zu messenden Umläufe zu erstellen.

Das AFZS-HGS hat festzustellen, welche Fahrten zur Stichprobenerreichung noch benötigt werden und diese zu bewerten.

Der schichtweise Algorithmus für die Ermittlung der Punktzahlen für die Fahrten und für die Zuteilung nach Umläufen ist mit dem Angebot darzustellen.

Bei der Bewertung der Umläufe sind alle bereits disponierten Messfahrten ebenso wie die im Verlauf der Vorgabenerstellung schon zugeteilten Umläufe zu berücksichtigen.

Disposition der Messfahrtenplanvorgabe

Es ist zu sichern, dass, wenn die Vorgaben der Messfahrtenplanung nicht umgesetzt werden können, die tatsächliche Disposition der Messfahrzeuge im Programm einzutragen bzw. aus anderen Quellen oder dem Fahrplan automatisch zu übernehmen ist.

Die Disposition eines Tages ist je Betriebshof getrennt darzustellen. Dabei ist von folgenden Handlungen auszugehen:

— Aus der Liste sind so viele Umläufe vom Disponenten zu akzeptieren, wie Messfahrzeuge zur Verfügung stehen. Wird ein Umlauf zurückgewiesen, muss hierfür eine der per Auswahlliste vorgegebenen Begründungen angegeben werden. Die Begründungen sind zu protokollieren und müssen nachträglich vom Anwender nachvollzogen werden können.

— Die realisierbaren Gültigkeiten (z. B. für einen Tag) ohne Aufrücken bzw. Verschieben von Umläufen sind mit dem Angebot darzustellen.

— Zu jedem Umlauf soll die Nummer des Fahrzeugs, mit dem der Umlauf besetzt wurde oder hätte besetzt werden sollen, beliebig eingegeben werden können.

15.3.4.4.3 Ausgaben / Exporte

Datenexport zum Betriebshof

Das Tool „Messfahrtenplanung“ soll die gemäß zufälliger Reihenfolge vorgegebenen zu messenden Umläufe mit folgenden Informationen bereitstellen:

— Betriebstag, für den der Umlauf vorgesehen ist

— Nummer des Umlaufs

— Betriebshof, von dem dieser Umlauf geleistet wird

— Fahrzeugtyp, mit dem der Umlauf zu leisten ist

Für die Weitergabe der Messpläne an die Betriebshöfe muss sich der Disponent, sofern im Unternehmen die Infrastruktur dazu besteht, direkt im AFZS-HGS anmelden und die Disposition vornehmen können.

Für den Fall, dass dies nicht möglich ist, muss die Umlaufliste ausgedruckt werden können. Dieser Ausdruck ist dann dem Disponenten zu übergeben.

Um nicht grundsätzlich die komplette Liste für die gesamte Erhebungsperiode ausdrucken zu müssen, muss ein Datum angegeben werden können, bis zu dem die Umlaufvorgabe ausgedruckt wird.

Für den Fall, dass der Disponent auf dem Betriebshof nicht direkt auf das AFZS-HGS zugreifen kann und der Weg über den Ausdruck aufgrund der Messfahrzeuganzahl zu arbeitsintensiv ist, soll ein Export in eine gängige Anwendung erfolgen können, die dann an die Betriebshöfe gesendet werden kann. Die dazu notwendige DV-Infrastruktur ist mit dem Angebot zu spezifizieren.

Mit dieser Anwendung muss die Disposition auf dem Betriebshof exakt so vorgenommen werden können wie im AFZS-HGS selbst.

Auch aus dieser Anwendung heraus muss der oben beschriebene vorformatierte Ausdruck möglich sein.

Nach Rücksendung der geänderten Daten vom Betriebshof sollen die getätigten Dispositionen durch einen Import automatisch in das Tool „Messfahrtenplanung“ übernommen werden können.

Sonstige Ausgaben

Die in der Messfahrtenplanung verwendeten Daten müssen über verschiedene Übersichtslisten angezeigt und ausgedruckt werden können.

Diese tabellarischen Übersichten müssen für eine Erhebungsperiode umfassen:

— Verwendete Schichtung mit Angabe des notwendigen Stichprobenumfangs, der vorliegenden Messfahrtenzahl sowie des Stichprobenerreichungsgrades

— Vorkommende Umläufe

— Vorkommende Fahrten

— Messfahrtenplan

— Bericht (in Tabellenform) über die Einhaltung der Vorgaben der Umlaufliste

Alle Übersichten müssen nach beliebigen Feldern sortiert und gefiltert, einzelne Felder ein-/ausgeblendet werden können.

15.3.5 Dokumentation

Dokumentationen und Beschreibungen sind sowohl in Papierform als auch auf einem Datenträger in einem allgemein üblichen Format (in deutscher Sprache) zu übergeben.

Die Funktionsbeschreibungen müssen so ausführlich sein, dass die Arbeitsweise der einzelnen Funktionen sowie deren Zusammenwirken schlüssig und vollständig für einzelne Anwendungsfälle nachvollzogen werden kann. Die Beschreibungen sollen durch Beispiele verdeutlicht werden.

Die Dokumentation ist in drei Medien aufzuteilen:

— Online-Hilfe

— Anwenderhandbuch

— Systemhandbuch

Die kontextbezogene Online-Hilfe hat einen Überblick über die in der jeweiligen Situation zur Verfügung stehenden Funktionen für den Bediener bereitzustellen.

In der Online-Hilfe sollen insbesondere die Oberfläche, Bedienschritte und die möglichen Optionen beschrieben werden.

Es ist eine Systemdokumentation zu liefern, welche den Administrator bei der Installation und Einrichtung des Systems unterstützt und Funktionsweisen des Systems offen legt.

Die Systemdokumentation muss Beschreibungen

— der notwendigen Installationsschritte,

— des Hochrechnungsverfahrens,

— des Saldenausgleichs und

— des Verfahrens zur Ermittlung der Stichprobengröße

enthalten.

Alle Nachweise zur Einhaltung der geforderten Funktionen für das AFZS-Hintergrundsystem erfolgen auf Basis der Vorgaben nach Kapitel 14 Anlage 3: Regelkatalog zur Systemabnahme Hintergrundsystem.

15.3.6 Mandantenfähige Hintergrundsysteme

15.3.6.1 Aufgabenstellung

15.3.6.1.1 Zielsetzung

Beim Einsatz von automatischen Fahrgastzählsystemen hat sich gezeigt, dass insbesondere kleinere Verkehrsunternehmen mit der Beschaffung und dem regelkonformen Betrieb von jeweils eigenen autarken AFZS-Hintergrundsystemen sowohl finanziell als auch personell an Grenzen gelangen.

Es besteht deshalb das Ziel, neben den bisher in den Abschnitten 15.3.1 bis 15.3.5 spezifizierten singulären bzw. autarken AFZS-Hintergrundsystemen auch zentrale mandantenfähige

AFZS-Hintergrundsysteme, insbesondere für Verkehrsverbünde oder regionale Organisationen, im Rahmen einer zentralisierten Aufbau- und Ablauforganisation und auf Basis von Geschäfts-besorgungsmodellen zur Verfügung zu stellen. Die nachfolgenden Handlungsempfehlungen für zentrale AFZS-Hintergrundsysteme enthalten nur die dafür unmittelbar relevanten Anforderungsspezifikationen. Ansonsten gelten die in den Abschnitten 15.3.1 bis 15.3.5 dargestellten Anforderungen analog.

Dazu ist über Mandantenlösungen sicherzustellen, dass die Verkehrsunternehmen und der Betreiber des zentralen AFZS-Hintergrundsystems parallel auf das Hintergrundsystem zugreifen können und damit sowohl Erhebungen der Verkehrsunternehmen nach eigenständig wählbaren statistischen Parametern und Erhebungsmerkmalen als auch Erhebungen nach Vorgaben der Verbünde bzw. der regionalen Organisationen nach definierten statistischen Parametern und Erhebungsmerkmalen über das zentrale AFZS-Hintergrundsystem durchgeführt werden können.

15.3.6.1.2 Aufbau- und Ablauforganisation

Die Daten sind dabei jeweils nach Unternehmen zu separieren. Es ist sicherzustellen, dass die über Mandanten angeschlossenen Unternehmen jeweils nur die unternehmenseigenen Daten einsehen können.

Im Sinne einer prototypischen Aufbau- und Ablauforganisation zum Einsatz von AFZS sollte vorgesehen werden, dass im Rahmen von Geschäfts-besorgungsverträgen alle mathematisch-statistisch relevanten Funktionen, wie:

- Bestimmung des Stichprobenumfanges (Planung im heterograden Fall)
- zufällige bzw. gleichwahrscheinliche Auswahl
- Vorschläge zur Disposition im Fahr- bzw. Umlaufplan
- Monitoring zur Stichprobenerfüllung
- Datenübernahme und Datenaufbereitung
- Güteprüfung
- Saldenausgleich/Ausschluss negativer Besetzung
- Schichtgebundene Hochrechnung auf die Grundgesamtheit
- Auswertungen nach variablen Merkmalen
- Ermittlung und statistischer Nachweis erwartungstreuer Schätzwerte

zentral zugeordnet und realisiert werden.

In diesem Sinne ist für die Gewährleistung der Mandantenfähigkeit im Kontext zu einem zentralen Betrieb des AFZS-Hintergrundsystems zu sichern, dass für alle verbundbezogenen Verkehrserhebungen die statistischen Parameter wie:

- Zulässiger Stichprobenfehler zur statistischen Maßzahl Mittelwert
- Zulässige relative Streuung (Variationskoeffizient)
- Statistische Sicherheit /Signifikanzniveau
- Schichtungsmerkmale

nach fest einzustellenden Algorithmen (d.h. ohne möglichen Zugriff der Mandanten) implementiert werden und von den Mandanten nach parametrisierbaren Kenngrößen ohne Zugriff auf die Algorithmen genutzt werden können.

Davon unbenommen muss das zentrale AFZS-Hintergrundsystem sicherstellen, dass auch parallel Verkehrszählungen von weiteren beteiligten Verkehrsunternehmen nach anderen statistischen Vorgaben und Parametern durchgeführt werden können.

Hinsichtlich der Disposition und Durchführung der Messfahrten gilt die Besonderheit, dass die Übergabe von Stichprobenplänen und von Vorschlägen zur Disposition der Zählfahrzeuge in die Umlaufpläne durch das zentrale AFZS-Hintergrundsystem erfolgt. Die tatsächliche Disposition der Fahrzeuge in den jeweiligen Umläufen, die Durchführung der Messfahrten, die Information zur tatsächlichen Disposition (Monitoring) und die Übergabe der Zähldaten als Rohdaten an das AFZS-Hintergrundsystem obliegt jedoch den Verkehrsunternehmen.

Es ist auf Grundlage der jeweils spezifischen Ausprägungsform der Aufbau- und Ablauforganisation und zur Systemadministration eine Lösung anzubieten, wonach die Vorgaben zur Messfahrtenplanung vom zentralen AFZS- Hintergrundsystem an die Verkehrsunternehmen über einen Dispo-Client vorgegeben werden und die tatsächliche Disposition durch das Verkehrsunternehmen erfolgen kann.

Es ist zu sichern, dass, wenn die Vorgaben der Messfahrtenplanung nicht umgesetzt werden können, die tatsächliche Disposition der Messfahrzeuge im Dispo-Client des Verkehrsunternehmens eingetragen werden kann.

Wird ein Umlauf vom Verkehrsunternehmen zurückgewiesen, muss hierfür über den Dispo-Client eine aus einer Auswahlliste vorgegebene Begründung angegeben werden. Die Begründungen sind zu protokollieren und müssen nachträglich vom zentralen AFZS-Hintergrundsystem (Monitoring-Funktion) nachvollzogen werden können.

Bei den mandantenfähigen zentralen AFZS-Hintergrundsystemen ist sicherzustellen, dass die Datenhaltung in einer sowohl dezentralen Form (Fahrzeugeinsatz, Fahrzeugverfügbarkeit, Sitzenbleiber) als auch zentralen Form (Fahrplan- und Liniendaten) erfolgen kann.

Es ist grundsätzlich darauf zu orientieren, dass ggf. in zentralen ITCS der Verbünde vorhandene und zentral gepflegte Schnittstellen zur Datenver- und -entsorgung des zentralen AFZS-Hintergrundsystems verwendet werden.

Statische Qualitätskontrolle

Für die statistische Qualitätskontrolle sind die Prüfdaten je Verkehrsunternehmen aus dem zentralen AFZS-Hintergrundsystem in folgenden Darstellungen auszugeben:

Für die statistische Qualitätskontrolle sind die Prüfdaten je Verkehrsunternehmen aus dem zentralen AFZS-Hintergrundsystem in folgenden Darstellungen auszugeben:

- Vorgabe Stichprobenfehler [%]
- Vorgabe Statistische Sicherheit [%]
- Verwendeter Variationskoeffizient [%]
- Grundgesamtheit [Fahrten]
- Berechnete Stichprobengröße [Zählfahrten]
- Realisierte Zählfahrten [Fahrten]
- Realisierter (berechneter) Stichprobenfehler zum Mittelwert [%]
- Realisierter (berechneter) Variationskoeffizient [%]
- Sollfahrten in der Erhebungsperiode je Schicht
  - M-F [Fahrten]
  - Sa [Fahrten]
  - So/F [Fahrten]
- Realisierte Zählfahrten in der Erhebungsperiode je Schicht
  - M-F [Fahrten]
  - Sa [Fahrten]
  - So/F [Fahrten]

15.3.6.1.3 Funktionen

Es wird ein zentrales mandantenfähiges AFZS-Hintergrundsystem für automatische Fahrgastzählsysteme mit nachstehenden jeweils mandantenfähig auszulegenden mathematisch-statistischen Funktionalitäten gefordert

a) Übernahme Zähldaten über Zähldatenschnittstelle

b) Güteprüfung, Plausibilisierung und Konsolidierung von Zähldaten nach parametrisierbaren Kennwerten

c) Messfahrtenplanung mit den Elementen
- Stichprobenplanung nach definierten Schichtmodellen
- Zufällige Auswahl der Messfahrten aus den Sollfahrten bzw.
- Vorschlag zur Disposition der Messfahrten im Sollfahrplan zur Übergabe an die Verkehrsunternehmen
- Monitoring zur Durchführung der Messfahrten
- Ermittlung des Sättigungsgrades zur Stichprobenerfüllung
- Ausgabe von automatischen Warnhinweisen
- Bewertungsverfahren zur Sicherung der Stichprobenerfüllung

d) Anwendung von parametrisierbaren Korrektur- und Ausgleichsverfahren

e) Bereitstellung geprüfter Daten nach Saldenausgleich für Hochrechnung

f) Hochrechnung von der Stichprobe auf die Grundgesamtheit

g) Auswertung nach variablen inhaltlichen und raum-zeitlichen Merkmalen in tabellarischer und grafischer Form

h) Nachweis zur Einhaltung der statistischen Parameter und der realisierten Konfidenzintervalle zu den Maßzahlen

15.3.6.1.4 Anwendungsfelder

Die im Rahmen der Geschäftsbesorgung über das zentrale mandantenfähige AFZS-Hintergrundsystem zu realisierenden Anwendungen stellen primär auf die Ermittlung der statisti-

schen Kenngrößen Verkehrsmenge auf Basis von Linienbeförderungsfällen (LBF) und Verkehrsleistung (Pkm) als erwartungstreue Schätzwerte in jeweils variabel zu wählenden raum-zeitlichen Ausprägungen ab. Weitere Berechnung zur Besetzung sind auf Grundlage dieser originären Ergebnisse zu realisieren.

Davon unbenommen ist sicherzustellen, dass eine Verwendung der AFZS-Daten für die Kapazitäts- und Verkehrsplanung durch die beteiligten Verkehrs-unternehmen mit allen hieraus zu berücksichtigenden Anforderungen hinsichtlich des Vertraulichkeitsschutzes über eine Client-Lösung erfolgen kann.

Weiterhin ist zu gewährleisten, dass AFZS-Daten im zentralen AFZS-Hintergrundsystem so aufbereitet und schichtgebunden zugeordnet werden können, dass diese anstelle von bisherigen manuellen Zählungen in Kombination mit manuellen Befragungen bei Verkehrserhebungen mit einer schichtgebundenen Zusammenführung von Zähl- und Befragungsdaten eingesetzt werden können. Die diesbezüglichen Anforderungen sind zu berücksichtigen.

Weiterhin muss gesichert werden, dass manuell gezählte Daten zu Verkehrsmengen (z.B. aus Handzählgeräten) für einen Anteil von mittels automatischen Zählgeräten nicht erhebbarer Fahrten in das zentrale AFZS-Hintergrundsystem eingegeben und nach der einheitlichen mathematisch-statistisch gesicherten Methodik geprüft, korrigiert bzw. ausgeglichen und für die externe Hochrechnung bereitgestellt werden können.

15.4 Datenintegration

15.4.1 VDV–Standards

Um eine Kompatibilität zu den einzelnen Teilkomponenten auch verschiedener Hersteller und zu vorhandenen externen Systemen sicher zu stellen, ist es unbedingt erforderlich, vorhandene VDV-Standards konsequent in der Planung und Realisierung von AFZS zu berücksichtigen:

VDV-Nr	**Jahr** (oder neuer)	**Titel**
300	07/91	Integriertes Bordinformationssystem (IBIS) inkl. Ergänzungen von 8/87 und 7/91
301-1	1/14	„Internetprotokoll basiertes integriertes Bordinformationssystem IBIS-IP“ Teil 1: Systemarchitektur
301-2	1/14	„Internetprotokoll basiertes integriertes Bordinformationssystem IBIS-IP“ Teil 2: Schnittstellenspezifikation
451	2/99	ÖPNV Datenmodell 5.0 – „Schnittstelleninitiative“ Dateiformat für die Datenübertragung zwischen ÖPNV-Anwendungen
452	2/2021	VDV-Standardschnittstelle Liniennetz/Fahrplan Version 1.6.1
453	10/2020	Ist-Daten-Schnittstelle Version 3.0

		— Anschlusssicherung — Dynamische Fahrgastinformation — Visualisierung — Allgemeiner Nachrichtendienst
454	10/2020	Ist-Daten-Schnittstelle Version 3.0 Fahrplanauskunft
3000	11/04	CANopen-Anwendung in der Informations- und Kommunikations-technik (IuK) auf Fahrzeugen des ÖPNV
3001	11/11	Kommunikation im ÖV (IP-KOM-ÖV) - Technische Anforderungen für Anwendungen im Integrierten Bordinformationssystem (IBIS)
3305	02/99	RBL, LSA, IBIS – Stand und Trends (5) Datentelegramme IBIS Wagen-/Zugbus

Tabelle [8] VDV-Standards

Schnittstellen im AFZS

Nachfolgende Grafiken verdeutlichen die möglichen Schnittstellen:

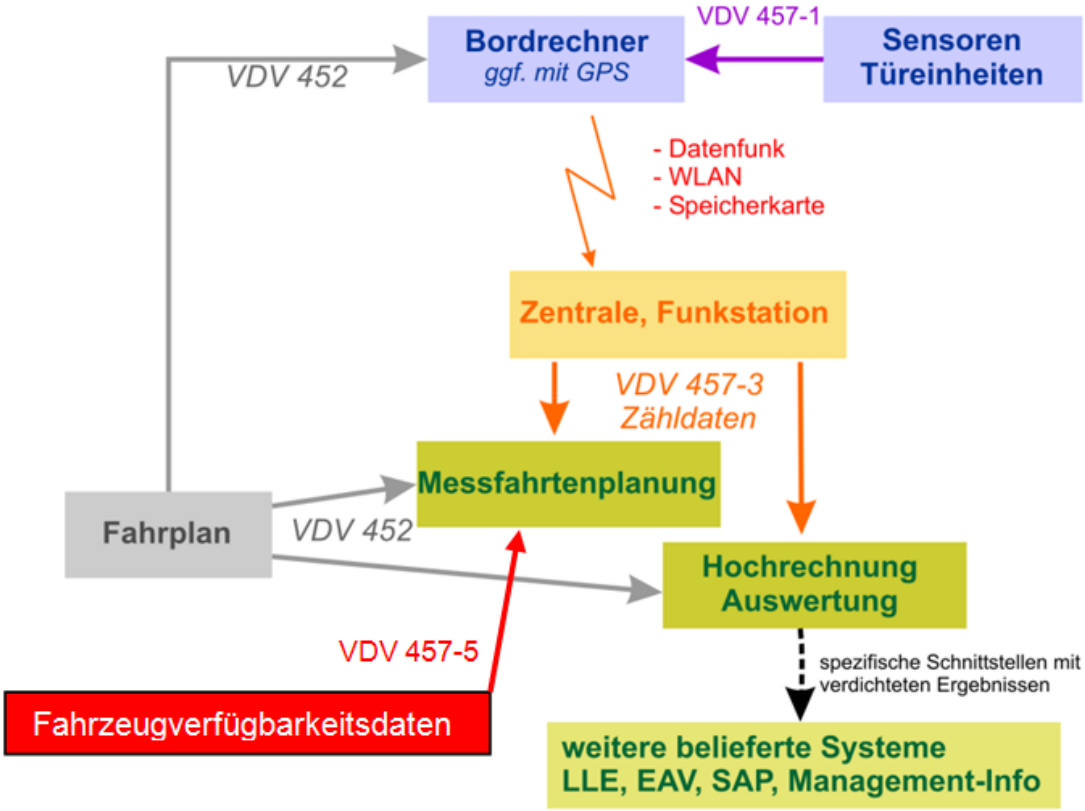


Abbildung 16: Prinzipielle Konfiguration bei OnBoard-Ortung und Zuordnung zum Fahrplan

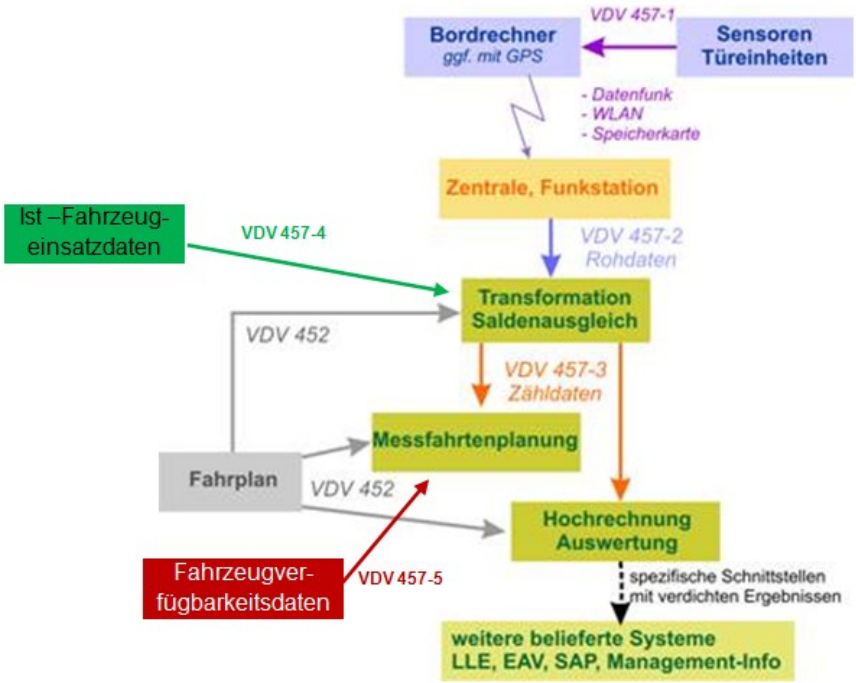


Abbildung 17: Prinzipielle Konfiguration bei externer Zuordnung zum Fahrplan

Transformation, Messfahrtenplanung und Hochrechnung sind als Funktionen anzusehen, die in einem einzigen oder verschiedenen Programmmodulen realisiert sein können.

15.4.2 Fahrplan- und Liniendaten (VDV 452)

Für die Planung der Messfahrten müssen alle erforderlichen Daten aus dem Fahrplansystem zur Verfügung gestellt werden können. Alle Fahrplan und Liniendaten sind mindestens über eine standardisierte Exportschnittstelle des jeweiligen Fahrplanprogramms auf Basis der VDV-Schrift 452 sowohl auf das Planungs- und Hintergrundsystem als auch auf die notwendigen On-Board Systeme übertragbar.

Die Importschnittstellen sind entsprechend auszulegen. Da insbesondere kleinere Unternehmen ihren Fahrplan noch in traditionellen Standardprogrammen erstellen und verwalten, ist auch hierfür eine Importschnittstelle vorzuhalten, bzw. entsprechende Editoren zur Verfügung zu stellen. Diese sollte auch darauf abgestellt parametrierbar sein, um die entsprechenden individuell erstellten Datenfelder in die erforderlichen Datenstrukturen übernehmen zu können.

Wichtig ist auch die Übernahme der jeweiligen Versionen und Gültigkeitsattribute.

15.4.3 Datenkommunikation im Fahrzeug (Datenerzeugung, Speicherung, Prüfung –VDV 457-1)

In Kapitel 15.2 wurde auf die On Bord-Systeme eingegangen. Die je definierten Halt erzeugten Zähldaten (Ein- und Aussteiger) je Tür werden als Rohdaten erfasst. Das On Board-System kann grob in die Türeinheiten mit Sensoren sowie einer zentralen Bordeinheit unterteilt werden. In vielen Fällen stammen diese Komponenten schon von verschiedenen Herstellern. Die Erzeugung

von Datensätzen im Fahrzeug und deren eindeutige Attribuierung kann organisatorisch und technisch in unterschiedlicher Weise gelöst werden.

Von Bedeutung ist, dass die Datenstrukturen eindeutig festgelegt sind. Nur dadurch kann sichergestellt werden, dass ein erforderlicher Datenaustausch verschiedener Hersteller von Bordsystemen möglich wird.

In Kapitel 16.1 wird diese Schnittstelle zwischen Sensoren/Türeinheiten und der zentralen Bordeinheit dargestellt.

Sie ermöglicht das Anschließen von Sensoren an Bordrechner.

Dies wird benötigt, wenn entweder Bordrechner oder Sensoren bereits vorhanden sind und die jeweils andere Komponente erneuert oder ergänzt werden soll. Auch bei Neubeschaffung beider Komponenten lassen sich Bordrechner und Sensoren verschiedener Hersteller miteinander kombinieren. Über die vorhandene VDV300 bzw. VDV 301 (Kommunikation auf Basis von IBIS-IP) hinaus werden inhaltliche Mindestanforderungen definiert (z. B. Abfrageintervalle, Statusmeldungen), um spätere Diagnosen in den nachgeordneten Systemen erst zu ermöglichen.

Der AFZ-Bordrechner kann die Aufgabe der „Transformation“ bereits übernehmen, die ansonsten im Hintergrundsystem zugeordnet ist. Der Umfang der Attribuierung der Zähldaten an Bord kann sehr unterschiedlich sein. Entweder werden die kompletten Datensätze direkt im Fahrzeug erzeugt, zwischengespeichert und an das Hintergrundsystem weitergegeben oder im Hintergrundsystem komplettiert. Ersteres bringt jedoch den Nachteil der Haltung großer Datenmengen auf dem Fahrzeug mit sich und die Entsorgung dieser.

Je nach gewählter Übertragungstechnik sind die Rohdaten (Primärdaten)/Datensätze im Fahrzeug zwischenzuspeichern. Die Speichergröße hängt von dem geplanten technischen Übertragungsregime zuzüglich einer definierten ausreichenden Reserve ab, die einen möglichen Datenverlust ausschließen soll, wenn aus betriebstechnischen oder technischen Gründen zeitweilig eine Datenentsorgung auf das Hintergrund- oder Verwaltungssystem nicht möglich ist.

Alle erfassten Daten sind an das Hintergrundsystem zu übergeben. Dort erfolgt die Plausibilitätsprüfung. Der Zustand des Status der Fahrgastzählsystemtechnik an Bord ist mitzuerfassen und sowohl mit den Zähldaten weiterzugeben als auch optional als aktuelle Störmeldung zur Verfügung zu stellen. Dazu wird auf die Anforderungen in den Punkten 0 "Abbildung 13: Grundsätzliche Struktur der Prozesskette

Plausibilitätsprüfungen und Korrekturen" verwiesen.

15.4.4 Datenübertragung AFZ-Bordrechner zur stationären Zentrale/Funkstation (VDV 457-2)

Bei der Datenentsorgung vom Fahrzeug zur Zentrale werden zwei Gruppen unterschieden:

- Nutzung der vorhandenen RBL/ITCS-Infrastruktur zur Datenver- und -entsorgung
- Autarke Datenübertragungssysteme

Die reine Datenübertragung kann nach technischen Verfahren gemäß 15.2.5 "On Board-Schnittstellen" erfolgen.

Die Schnittstelle 457-2 ergibt sich bei der Übergabe der Roh-Zähldaten an das Hintergrundsystem.

Diese Schnittstelle ist wichtig, wenn Hintergrundsystem und OnBoard-System nicht vom selben Hersteller stammen. Unter den langfristigen Gesichtspunkten ist diese Schnittstelle auch bei (zunächst) Komplettlösungen wichtig, um die spätere Austausch- oder Aufrüstbarkeit zu gewährleisten. Deshalb ist anzuraten, eine solche Schnittstelle stets vorzusehen und einzufordern.

Diese Schnittstelle befindet sich an der Stelle, an der Daten vom Fahrzeug ausgelesen wurden und auf einem zentralen Server zusammengeführt werden. Datenfunk kann ausdrücklich in proprietären Formaten oder verschlüsselt erfolgen. Die Datensammel-(Funk-) Station wird hier dem On Board-System zugeordnet. Sie soll die Rohdaten des Zählsystems in einem VDV-Schnittstellen-Format bereitstellen, damit diese vom Hintergrundsystem aufbereitet werden. Die Aufbereitung wird sowohl von dem operativen Teil des Hintergrundsystems (Wichtig: Hinweise auf Störungen müssen in den Rohdaten noch enthalten sein!) als auch von der Auswertungssoftware (incl. Hochrechnung) benötigt.

Analog zu den zwei grundsätzliche verschiedenen Konzepten der On Board-Systeme gibt es hier zwei Ausprägungen, nämlich die der "fertig georteten" Rohdaten (Linie/Kurs/Haltestellen gelten als bekannt, ggf. über Index identifiziert) und die der reinen Aufzeichnungsdaten (diese angereichert z. B. durch GPS-Koordinaten).

Alle diese Informationen helfen bei der Transformation, Bewertung, Plausibilitätskontrolle und Korrektur von Datensätzen sowie beim Saldenausgleich und der Eichung (z. B. Wegimpuls) und sie geben wichtige Hinweise über die Funktionsfähigkeit der Zähleinrichtungen. Schließlich können aus den Einzelinformationen Kriterien abgeleitet werden, die zum Verwerfen von Zählfahrten und zur Veranlassung von Einzelüberprüfungen (Wartung, Reparatur) führen können.

In 16.2 wird die Schnittstelle zwischen der zentralen Bordeinheit und dem Hintergrundsystem dargestellt.

15.4.5 Schnittstellen im Hintergrundsystem (VDV 457-3)

Das sog. Hintergrundsystem setzt sich aus mehreren Komponenten zusammen, die alle für sich getrennt angeboten und individuell zusammengestellt werden können:

- Messfahrtenplanung
- Transformation
- Saldenausgleich
- Stichprobenprüfung
- Hochrechnung
- Auswertung

In vielen Fällen existiert eine Hochrechnungs- und Auswertungssoftware bereits und ein weiteres oder neues Zählsystem soll als zusätzlicher Datenlieferant angeschlossen werden. In diesen Fällen ist eine Schnittstelle für aufbereitete und plausibilisierte Zähldaten erforderlich. Inhaltlich werden hier Zähldaten je Haltestelle und Fahrt in der korrekten Fahrtabfolge übergeben.

Innerhalb des Hintergrundsystems gibt es also eine weitere, die dritte Schnittstelle, beschrieben in Kapitel 16.3.

Sie wird benötigt, um fertig transformierte, plausibilisierte und ggf. durch den Saldenausgleich gelaufene Zähldaten auszutauschen. Hier sind keine systemspezifischen Statusmeldungen mehr enthalten. Fahrzeug, Linie, Fahrt und Haltestelle sind bekannt, Zähldaten auf Wunsch türenscharf.

Diese Schnittstelle kann in identischer Form für das Einspeisen von manuell (mit Papier oder Handheld) erfassten Zählungen in ein Auswertesystem verwendet werden. Grundsätzlich soll die Möglichkeit bestehen (als wählbare Option durch Nutzer), die Zähldaten nach Wagen, Türen, Klassen differenziert zu übergeben. Wichtig ist, dass Sitzenbleiber an Endpunkten ausgewiesen werden. Außerdem sollten je Haltestelle die gemessenen Ist-Zeiten (Ankunft und Abfahrt) enthalten sein. Durchfahrene Haltestellen sollten anhand identischer Ist-Zeiten für Ankunft und Abfahrt erkennbar sein.

Mit der Zählung ist der Ist-Fahrzeugtyp zu übergeben, optional die konkrete Fahrzeugnummer. Behängungswechsel sind an sich ändernden Fahrzeugtypen bzw. hinzukommenden bzw. wegfallenden Wagen zu erkennen. Zusätzliche optionale Datenfelder je Haltestelle können weitere Attribute transportieren wie Störungen, Gütefaktoren etc.

15.4.6 Schnittstelle Ist-Einsatzdaten (VDV 457-4)

Vor dem Hintergrund der empfohlenen Transformationsquote hat es sich als praktikabel erwiesen, die Transformation anhand der Fahrplandaten auf Basis der Ist-Einsatzdaten der Fahrzeuge durchzuführen. Zur Übergabe dieser Daten an das Hintergrundsystem ist die Schnittstelle VDV 457-4 definiert (siehe 16.4)

15.4.7 Schnittstelle Fahrzeugverfügbarkeit (VDV 457-5)

Im Rahmen der Anwendung der Messfahrtenplanung werden bei der Disposition der Zählfahrzeuge Informationen zur Verfügbarkeit der AFZ-Fahrzeuge benötigt. Hierzu bietet es sich an, diese Daten aus vorhandenen Drittsystemen (z. B. Betriebshofmanagementsystem) zu übernehmen. Zur Übergabe dieser Daten an das Hintergrundsystem ist die Schnittstelle VDV 457-5 definiert (siehe Kapitel 16.5)

15.4.8 Weitere mögliche Schnittstellen

Zur Weitergabe von aggregierten Ergebnissen der Fahrgastzählung an nachgeordnete Systeme wie das Berichtswesen, Controlling, EAV, LLE, Managementinformationssysteme, SAP Dispositions- und Planungssysteme, Fahrausweiskontrollsysteme, sind weitere Schnittstellen denkbar.

Die Definition derartiger Exportschnittstellen aus dem Hintergrundsystem soll auf allgemeine Standards abstellen und ist Bestandteil der Lastenhefterstellung.

15.4.9 Datenorganisation und -verwaltung

Die betriebliche *Datenorganisation und -verwaltung hat nach kaufmännischen Grundsätzen zu* erfolgen und folgende Punkte zu berücksichtigen:

- Grundsätzlich müssen alle erfassten Zähldaten, nicht nachträglich veränderbar, im System erhalten bleiben.
- Betrieblich sind eindeutige Zugriffsrechte zu vergeben.
- Eine Verwerfung von Daten (Löschen) ist nur einem festgelegten Personenbereich zu gestatten.
- Unbeabsichtigtes Löschen von Daten ist systemtechnisch zu unterbinden (ggf. Papierkorbsystem- inaktive Daten).

— Zähldaten sind zeitlich und räumlich strukturiert in einer Datenbank abzulegen.

— Datensicherung

15.4.10 Altdatenübernahme

Darunter ist die Datenübernahme aus Althintergrundsystemen zu verstehen. Werden bisherige Hintergrundsysteme durch neue Systeme abgelöst, sollen diese eine parametrierbare Importschnittstelle besitzen, über die der Altdatenbestand übernommen werden kann. Dabei ist insbesondere auf die Standards gemäß Punkt 15.4.1"VDV–Standards" abzustellen, sowie auf die geläufigen Datenbanken.

Diese Altdaten sind im Neusystem wieder zeitlich und räumlich strukturiert abzulegen und für Auswertungen verfügbar zu machen.

15.4.11 Formate

Die Formate für Schnittstellendaten sollten so gewählt sein, dass sie

— betriebssystemunabhängig (Textdateien)

— flexibel im Inhalt (Schlüsselwörter, keine festen Formatierungen)

— leicht erweiterbar (selbstbeschreibend mit Schlüsselwörtern)

— leicht verarbeitbar

sind und sich an gängigen Standards orientieren. Hier kommen vor allem CSV- oder XML-Formate in Frage, die alle Anforderungen erfüllen.

15.4.12 Besonderheiten Datenfunk

Bedenken bzgl. der Datensicherheit an der Schnittstelle Fahrzeug – Server per Datenfunk/Mobilfunk bei Verwendung transparenter Datenformate sind berechtigt. Auch erzeugen transparente Formate wie XML viel Daten-Overhead, was beim Übertragungsweg Mobilfunk ein Zeitfaktor darstellt. Abhilfe können zwei Lösungsmöglichkeiten schaffen:

— Verschlüsselung und verlustfreie Kompression der transparenten Daten

— Datenübertragung in proprietären Binärformaten (herstellerspezifisch, nicht veröffentlicht, nicht menschenlesbar)

Bei Verwendung proprietärer Übertragungsformate stellen die Funkeinheiten auf Fahrzeug- und Server-Seite ein geschlossenes System dar. Wichtig ist hierbei lediglich, folgende Punkte zu beachten:

— Der Datenfunk darf nicht zum beschränkenden Faktor werden, was die zu übertragenden Dateninhalte angeht. Es sollen also prinzipiell alle in der Schnittstelle VDV 457-2 vorgesehenen Informationen übertragen werden können und nicht einzelne Felder ausgefiltert werden.

— Der Server muss nach Entgegennahme der Binärdaten vom Fahrzeug entschlüsselte, dem "VDV-Schnittstellenformat 457-2" entsprechend kodierte CSV- bzw. XML Daten zur Verfügung stellen

15.5 Anhang 1: Änderungsauswirkungsanalyse

15.5.1 Allgemeines

15.5.1.1 Reglungsgegenstand

Die Anwendung der Änderungs-Auswirkungsanalyse in der nachstehend beschriebenen Form kann nur erfolgen, wenn

- der für die Zählgenauigkeit direkt verantwortliche Zählkern ein dezidiertes Modul ist, das unverändert geblieben ist
- nachgewiesen wird, dass die durchgeführten Änderungen keine indirekte Auswirkung auf die Zählung haben.
- durch die zu ändernde Software keine geänderte Einstufung der Software-Sicherheitsanforderungsstufe resultiert, die gegebenenfalls gemäß einer Entwicklungsprozessnorm erfolgen muss

15.5.1.2 Zu bewertendes System

Das zu bewertende System ist: [PRODUKTBEZEICHNUNG].

Funktional erfolgt durch dieses System die automatische Zählung von Ein- und Ausstiegsvorgängen an den Türen von Fahrzeugen des öffentlichen Personenverkehrs. Die Daten werden zu definierten räumlich-zeitlichen Einheiten zusammengefasst, mit projektspezifischen Zusatzinformationen versehen und gemäß einem vorgegeben Datenprotokoll an ein Hintergrundsystem versendet. (Bei Bedarf an die real vorhandene Systemkonfiguration anzupassen.)

Die im Rahmen der Softwareänderungsauswirkungsanalyse zu betrachtende und zu kontrollierende Auswirkung ist die Zähldatenqualität des AFZ-Systems im Fahrzeug.

15.5.1.3 Änderung der Software-Sicherheitsanforderungsstufe

Es wird bestätigt, dass durch die Softwareänderung keine Änderung der Software-Sicherheitsanforderungsstufe erfolgt.

Alternativ:

Es wird bestätigt, dass im Rahmen des Softwareentwicklungsprozesses das Festlegen einer Software-Sicherheitsanforderungsstufe nicht notwendig ist.

15.5.1.4 Vorgehen zur Bewertung der Auswirkungen

Die Software des AFZ-Systems ist modular aufgebaut. Zunächst werden die geänderten Komponenten und Module identifiziert. Die Detailliertheit der offengelegten Modulstruktur richtet sich dabei nach der Eingriffstiefe und Art der Softwareänderung.

Für die geänderten Softwaremodule wird bewertet, ob sie direkten oder indirekten Einfluss auf die Zähldatenqualität haben. Bei Änderungen an Modulen mit direkter Auswirkung auf die Zähldatenqualität (insbesondere dem Zählkern) kann im Rahmen dieser Softwareänderungsauswirkungsanalyse keine Bestätigung einer unveränderten Zählgenauigkeit erfolgen.

Bei Änderungen an Modulen mit potenziell lediglich indirekter Auswirkung auf die Zähldatenqualität werden diese Module einem Testverfahren unterzogen, auf dessen Basis [DER SOFTWARELIEFERANT] in der Lage ist zu bestätigen, dass eine konkrete Softwareänderung keine Auswirkung auf die Zähldatenqualität hat.

15.5.2 Projektdaten

Kunde [BENENNUNG DES KUNDEN]

Fahrzeugart [PROJEKTSPEZIFISCHES EINSATZFELD DER SOFTWARE]

15.5.2.1 Softwareversionen der involvierten Geräte

[KOMPONENTE 1] Beispiel
Bestehende Software: Name
Geänderte Software: Name

[KOMPONENTE 2]
Bestehende Software: Name
Geänderte Software: Name

15.5.2.2 Relevante Dokumente

[PROJEKTPFLICHTENHEFT 1]
Bestehendes Dokument:
Geändertes Dokument:

[PROJEKTPFLICHTENHEFT 2]:
Bestehendes Dokument:
Geändertes Dokument:

Aktuell geänderte oder neue Dokumente
(Hier eintragen.)

15.5.3 Durchgeführte Änderungen

Im beschriebenen Projekt wird eine funktionale Korrektur z.B.: im Datenspeicher der KOMPONENTE 1 vorgenommen. (Hier ist die genaue Art der Korrektur einzutragen.)

15.5.3.1 Anpassung des AFZ-Systems im Bereich der „[KOMPONENTE 1]“

(Hier sind alle Änderungen, Probleme, Auswirkungen, Maßnahmen zur Verhinderung und Überprüfung detailliert einzutragen.)

Änderungsnummer	
Anforderung für die Änderung	
Genehmigung der Änderung	
Problem	
Ursache	
Abhilfe	
Auswirkung auf die Softwareumgebung	
Auswirkung auf Nichtsoftwareumgebung	

Änderungsnummer	
Mögliche negative Auswirkung der Änderung	
Verhinderung der möglichen negativen Auswirkung	
Überprüfung der Änderung	

15.5.4 Bewertung der Auswirkungen

15.5.4.1 Einordnung in die Softwarestruktur

Die Software des AFZ-Systems ist auf zwei Geräte [KOMPONENTE 1] und [KOMPONENTE 2] verteilt und darin jeweils modular aufgebaut. (Darstellung dient als Beispiel. Die korrekte Softwarestruktur ist projektspezifisch zu benennen).

Für die Bewertung der vorzunehmenden Softwareänderung wird folgende Modulstruktur betrachtet:

- [KOMPONENTE 2], Modul „Zählkern“:
  - Erfassung und Sammlung der Einstiegsvorgänge und Ausstiegsvorgänge sowie der Türöffnungen und Sensorfehler.
  - Wird durch die Versionsnummer für das Modul „Zählkern“ versioniert
  - Ist direkt für die Zähldatenqualität verantwortlich
  - Unverändert

- [KOMPONENTE 2 und KOMPONENTE 1], Modul „Zähldatenprotokoll“:
  - Die vom Modul „Zählkern“ gesammelten Informationen werden vom Modul „Zähldatenprotokoll“ für den Datenaustausch zwischen KOMPONENTE 2 und KOMPONENTE 1 über ein Ethernet-Protokoll bereitgestellt.
  - Wird durch die Versionsnummer für KOMPONENTE 1 versioniert
  - Ist indirekt für die Zähldatenqualität verantwortlich
  - Ist von der geplanten Änderung betroffen
  - Wird durch die vorgesehenen Tests überprüft

- [KOMPONENTE 1], Modul „Erhebungsdatensätze“:
  - Die von Fahrgastzählgeräten abgefragten Zählwerte werden in haltestellenbezogenen Erhebungsdatensätzen gesammelt, attributiert (Ort, Zeit), persistent gespeichert und versendet.
  - Wird durch die Versionsnummer für KOMPONENTE 2 versioniert
  - Ist indirekt oder direkt für die Zähldatenqualität verantwortlich.
  - Ist von der geplanten Änderung betroffen
  - Wird durch die vorgesehenen Tests überprüft

15.5.4.2 Tests

Für den Nachweis der unveränderten Zähldatenqualität ist ein Testaufbau vorzunehmen bzw. es kann auf eine Referenzanwendung verwiesen werden, bei der die Änderungen erfolgreich im Betrieb sind. Dabei ist es zulässig, die nicht von der Softwareanpassung betroffenen Module durch Testmodule zu ersetzen, um wiederholbare Tests für die tatsächlich angepassten Softwaremodule zu ermöglichen. So kann hier z.B. das Modul „Zählkern“ durch ein entsprechendes Testmodul ersetzt werden, das in einem wiederholbaren Verfahren die für die Zähldatenqualität zu betrachtenden Daten (nämlich Einsteigerzahlen und Aussteigerzahlen) in das System einspeist.

Das Ziel der Tests ist, alle von der Softwareänderung betroffenen Verarbeitungsprozesse in einem Vergleichstest zwischen den Softwareständen vor und nach der Änderung hinsichtlich der Zähldatenqualität reproduzierbar bewerten zu können.
Der Testaufbau und die Testergebnisse sind zu dokumentieren.

15.5.4.3 Fazit

Es wird bestätigt, dass die direkt für die Zähldatenqualität verantwortlichen Module nicht von der Softwareänderung betroffen sind.
Weiterhin wurde durch Testverfahren nachgewiesen, dass die Module, die durch die Softwareänderung betroffen sind und mögliche indirekte Auswirkungen auf die Zähldatenqualität haben können, reproduzierbar gleiche Ergebnisse vor und nach der Software-anpassung liefern.

Damit bestätigt DER SOFTWARELIEFERANT, dass die vorgenommene Softwareänderung keine Auswirkung auf die Zähldatenqualität hat.

16 Anlage 5: Schnittstellenspezifikation

16.1 Schnittstelle zwischen Bordrechner und Sensoren/Türeinheit, VDV 457-1

Basis der Schnittstelle ist das IBIS Datentelegramm gem. VDV-Schrift 300. Hinweise zur Kommunikation bei Verwendung von IBIS-IP sind in der VDV-Schrift 301 beschrieben.

Inhalt	IBIS-Datentelegramm nach VDV 300		Funktionalität	Bemerkungen	Anwendung bei	
	Anfrage	Antwort			vorhandenem Bordrechner	vorhandenen Türkontakten
Initialisierungen des Zählsensors	DS080 DS81 DS082	DS181	Türfreigabe Beginn der Kommunikation mit Sensor/Türkomponente Speicher des Zählsensors zurücksetzen Zählung starten Anzahl der vorhandenen Türen berücksichtigen	Ein Türsignal sollte direkt an den Sensor / die Türkomponente angeschlossen werden, wenn er ein Türkontaktsignal zum Zählstart benötigt	x	x
Wartesaalmessung	DS085	DS183	Aktuelle Zählerstände (Messergebnisse zu Zwischenständen, die die Behandlung des Wartesaaleffektes ermöglichen)	Es muss sichergestellt werden, dass Zählinformationen nicht verloren gehen.	x	
Zählung beenden	DS81	DS181	Türfreigabe nicht erteilt (zurückgenommen)			
Abfrage des Zählergebnisses	DS083	DS183	Übergabe der Zählergebnisse an Bordrechner Sensor liefert Zählergebnis, ggf. „0“, wenn Sensor nicht liefert, wird eine Fehlermeldung generiert, diese wird an 457 – 2 weitergegeben.	Bei einer Abfrage der Zählergebnisse entsprechend VDV-301 (IBIS-IP) ist eine Untergliederung der Zählergebnisse nach Zähltyp, z. B. Kinder, Fahrräder möglich.	x	
Abfrage Status des Zählsensors	DS84	DS184	Übermittlung von Störungsmeldungen bzw. Normalzuständen	Mögliche Fehlermeldungen:	x	

				Sensor meldet sich nicht, Sensor abgedeckt, Kommunikationsstörung, Türkontakt gestört (falls durch Sensor / Türkomponente erkannt, sonst Feststellung in OBU) Zustandsmeldung „Zähldaten werden berechnet, Abfrage derzeit nicht möglich“ Anzahl (nicht zuordenbarer Zählereignisse)		
Setze Uhrzeit	DS005		Übermittlung der aktuellen Uhrzeit an alle IBIS-Teilnehmer durch das IBIS-Zentralgerät	Erweiterung auf hh,mm,ss, soweit möglich soll UTC als Zeitbasis gewählt werden, ggfs. einschließlich Zeitzone.	optional	
Abschaltkommando		DS 183				

Tabelle [9]

Hinweis: Ereignis Abschaltkommando wird in Rahmenlastenheft beschrieben, OBU führt x Sekunden vor Abschaltung letzte Abfrage der Sensoren / Türkomponenten durch IBIS-Kommunikation nach VDV 300

Anfrage des Bordrechners an den Sensor „Fahrgastzählung vorbereiten“ mit VDV 300 Datensatzkennung DS80a
Situation: Tür wurde geöffnet bzw. zur Fahrgastbetätigung freigegeben
Antwort des Sensors an den Bordrechner mit VDV 300 Datensatzkennung DS181 als Bestätigung

---

Anfrage des Bordrechners an den Sensor „Fahrgastzählung ausführen“ mit VDV 300 Datensatzkennung DS81a
Situation: Tür ist geschlossen -
Antwort des Sensors an den Bordrechner mit VDV 300 Datensatzkennung DS181 als Bestätigung

---

Anfrage des Bordrechners an den Sensor 'Fahrzeug in Fahrt' mit VDV 300 Datensatzkennung DS82a
Situation: Fahrt wurde aufgenommen, Wegimpulsgeber hat entsprechende Meldung geliefert -
Antwort des Sensors an den Bordrechner mit VDV 300 Datensatzkennung DS181 als Bestätigung

---

Anfrage des Bordrechners an den Sensor 'Nenne Ergebnis' mit VDV 300 Datensatzkennung DS83a
Antwort des Sensors an den Bordrechner:
Ist der Sensor im Status Z=1 (neues Ergebnis vorhanden) antwortet er mit VDV 300 Datensatzkennung DS183 als Bestätigung
In allen anderen Fällen erfolgt keine Antwort

Anfrage des Bordrechners an den Sensor 'Nenne Gerätestatus' mit VDV 300 Datensatzkennung DS84a

(DS84a ist nicht in der VDV 300 spezifiziert, allerdings Quasi-Standard bei Herstellern von Sensoren und Bordrechnern)

Antwort des Sensors an den Bordrechner mit VDV 300 Datensatzkennung DS184 als Bestätigung

---

Anfrage des Bordrechners an den Sensor 'Abschaltkommando' mit VDV 300 Datensatzkennung DS84a
(Nicht in VDV 300 enthalten) Dieser Datensatz wird vom IBIS-Zentralgerät geschickt, um den Sensoren zu signalisieren, dass in etwa 10 Sekunden die Betriebsspannung abgeschaltet wird.

Antwort des Sensors an den Bordrechner mit VDV 300 Datensatzkennung DS181 als Bestätigung

---

Anfrage des Bordrechners an den Sensor 'Setze Uhrzeit' mit VDV 300 Datensatzkennung DS005 Dieser Datensatz wird vom IBIS-Zentralgerät geschickt um die Uhrzeit in Geräten zu setzen.

Bei Empfang dieses Datensatzes wird vom Sensor keine Antwort an den Bordrechner gesendet, da sich dieser Datensatz an verschiedene Geräte gleichermaßen richten kann.

Zur Kommunikation über Ethernet wird verwiesen auf die VDV-Schrift 301 'IBIS-IP'.

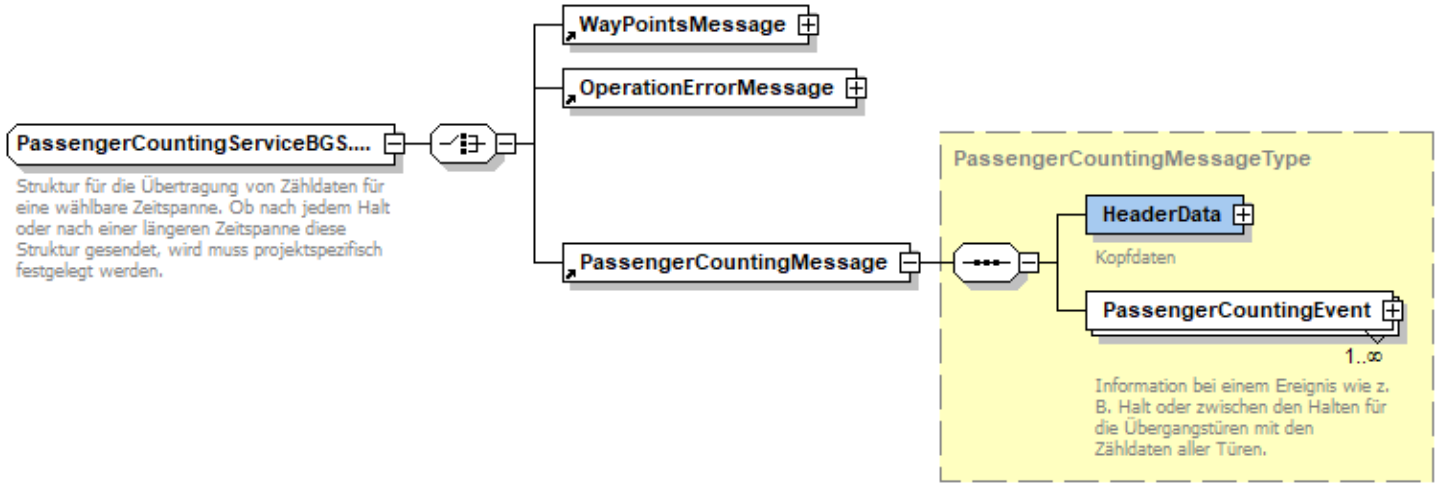
16.2 Rohdaten Schnittstelle - VDV 457-2

Die Rohdatenschnittstelle ist als XML-Schema abrufbar auf https://www.vdv.de/afzs.aspx

16.2.1 Beschreibung der Basisversion (2018) der Rohdaten-Schnittstelle zum Zweck der Nachfrageermittlung / Einnahmeaufteilung

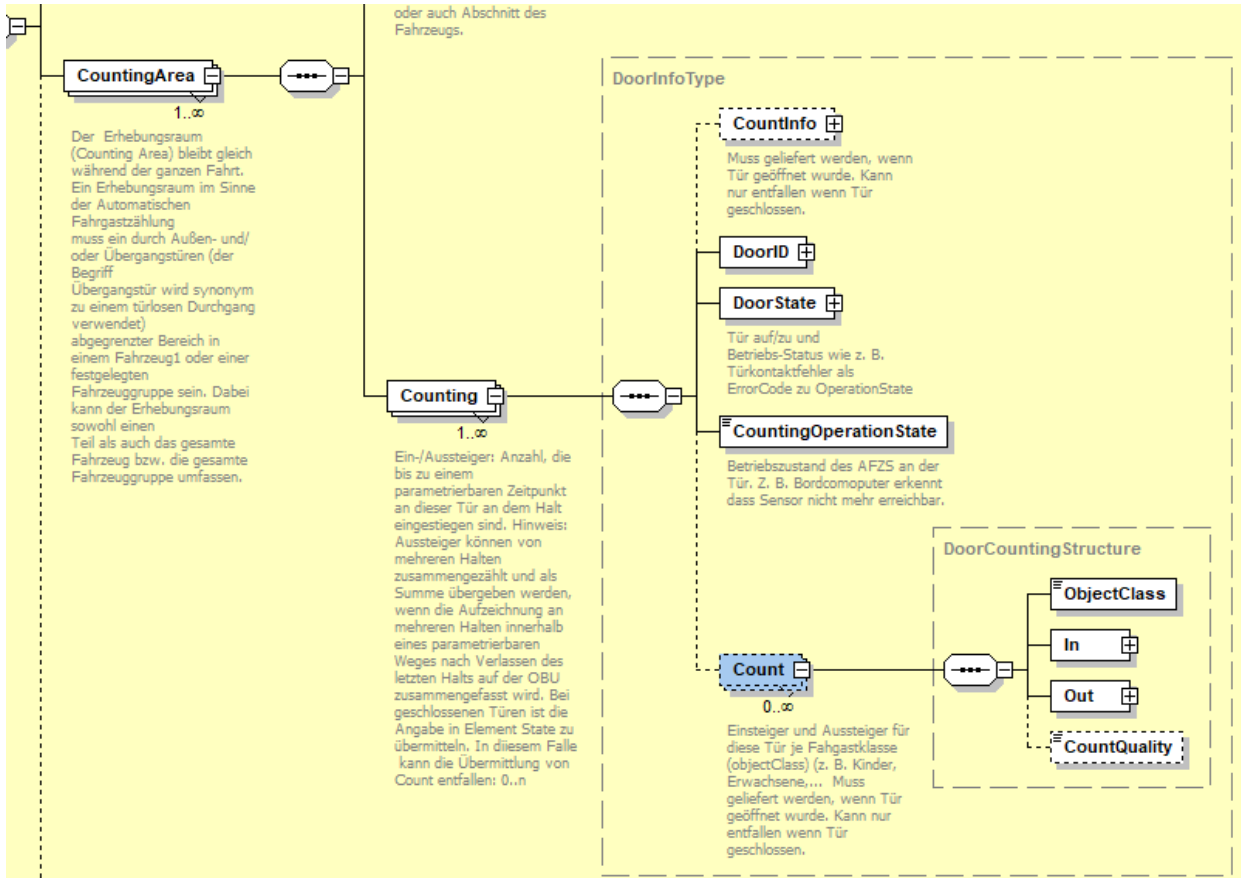
WayPointsMessage, OperationErrorMessage und PassengerCountingVehicleJourney

Die Datenlieferung (PassengerCountingServiceBGS.GetAllDataResponseStructure) besteht entweder aus einer *OperationErrorMessage* oder einer *WayPoints-Message* oder einer PassengerCountingMessage. Letztere hat einen Header mit Angaben zu Linie und Fahrt und beliebig viele PassengerCountingEvents mit den Informationen zu einem Ereignis (meistens einem Halt):



CountingArea und Counting

Die tatsächlichen Zähldaten werden innerhalb Struktur CountingArea (Erhebungsraum) mit der Struktur *Counting* und deren Unterstruktur *Count* übertragen. Im einfachsten Fall gibt es nur einen Erhebungsraum (z. B. kompletter Bus) und einen Zählwert je Halt. Dann sind die Strukturen CountingArea und Counting nur einfach vorhanden.
Mit der Struktur *Counting* werden je Tür und Halt die Zähldaten übermittelt. Für jede Fahrgastklasse (Kind, Erwachsener) wird die Struktur *Count* übermittelt.


CountingArea
1..∞
Der Erhebungsraum (Counting Area) bleibt gleich während der ganzen Fahrt. Ein Erhebungsraum im Sinne der Automatischen Fahrgastzählung muss ein durch Außen- und/ oder Übergangstüren (der Begriff Übergangstür wird synonym zu einem türlosen Durchgang verwendet) abgegrenzter Bereich in einem Fahrzeug1 oder einer festgelegten Fahrzeuggruppe sein. Dabei kann der Erhebungsraum sowohl einen Teil als auch das gesamte Fahrzeug bzw. die gesamte Fahrzeuggruppe umfassen.
oder auch Abschnitt des Fahrzeugs.
Counting
1..∞
Ein-/Aussteiger: Anzahl, die bis zu einem parametrierbaren Zeitpunkt an dieser Tür an dem Halt eingestiegen sind. Hinweis: Aussteiger können von mehreren Halten zusammengezählt und als Summe übergeben werden, wenn die Aufzeichnung an mehreren Halten innerhalb eines parametrierbaren Weges nach Verlassen des letzten Halts auf der OBU zusammengefasst wird. Bei geschlossenen Türen ist die Angabe in Element State zu übermitteln. In diiesem Falle kann die Übermittlung von Count entfallen: 0..n
DoorInfoType
CountInfo
Muss geliefert werden, wenn Tür geöffnet wurde. Kann nur entfallen wenn Tür geschlossen.
DoorID
DoorState
Tür auf/zu und Betriebs-Status wie z. B. Türkontaktfehler als ErrorCode zu OperationState
CountingOperationState
Betriebszustand des AFZS an der Tür. Z. B. Bordcomoputer erkennt dass Sensor nicht mehr erreichbar.
Count
0..∞
Einsteiger und Aussteiger für diese Tür je Fahgastklasse (objectClass) (z. B. Kinder, Erwachsene,... Muss geliefert werden, wenn Tür geöffnet wurde. Kann nur entfallen wenn Tür geschlossen.
DoorCountingStructure
ObjectClass
In
Out
CountQuality

Beispiel: PassengerCountingMessage

XML-Dokument überträgt Rohdaten des Fahrzeugs K-HP3118, die mit dem Zählsystem 4711 gezählt wurden für ein Zählereignis das um 2017-05-01T09:00:00+01:00 begann für die Tür 1L.

```
XML
Comment                edited with XMLSpy v2017 rel. 3 sp1 (x64) (http://www.altova.com) by Winfried Bruns (VDV)
PassengerCountingMessage
  = xmlns:xsi          http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance
  = xsi:noNamespac...  IBIS-IP_PassengerCountingServiceBGS_V2.0.xsd
  HeaderData
    VehicleID          K-HP3118
    APC-Device
      DeviceSpecification
        DeviceClass    APC
        DeviceID
          Value        4711
      DeviceState      running
      SoftwareVersion
        DataType
          Value        firmware
        VersionRef
          Value        99.4
  PassengerCountingEvent
    HeaderCountingEvent
      = QueryType      at stop
      SequentialNum... 001
      TimeStamp
        Value          2017-05-01T09:00:00+01:00
      TimeStampEventStart
        Value          2017-05-01T09:00:00+01:00
      TimeStampEventEnd
        Value          2017-05-01T09:03:00+01:00
    GNSS
      GNSS_Point_Structure
        Longitude
          Degree
            Value      50.936602
          Direction
            Value      0
        Latitude
          Degree
            Value      6.961802
          Direction
            Value      90
      GNSS_Type        GPS
    CountingArea
      AreaID           1
      Counting
        DoorID
          Value        1L
        DoorState
          OpenState
            Value      SingleDoorOpen
        CountingOperat... normal
        Count (2)
          ObjectClass  In          Out
1         Adult        In  Value 23  Out  Value 11
2         Child        In  Value 7   Out  Value 14
```

16.2.2 Beschreibung Erweiterung der Rohdaten-Schnittstellen 457-2 um Informationen zum Besetztgrad (V3.0 2022)

Die fahrzeugseitigen Fahrgast Zählsysteme (AFZS) dienen vorrangig der Fahrgastzählung zur Nachfrageermittlung. Darüber hinaus können Sie aber auch zur Ermittlung von Belegungs- und Auslastungsinformationen in Echtzeit verwendet werden.

Für die Nachfrageermittlung werden in den Fahrzeugen die Anzahl der Ein- und Aussteiger an den Türen erfasst und je Halt, ergänzt um Zeit-, Orts- und Statusinformationen, mit der PassengerCountingMessage an die landseitigen AFZ-Hintergrundsysteme übertragen.

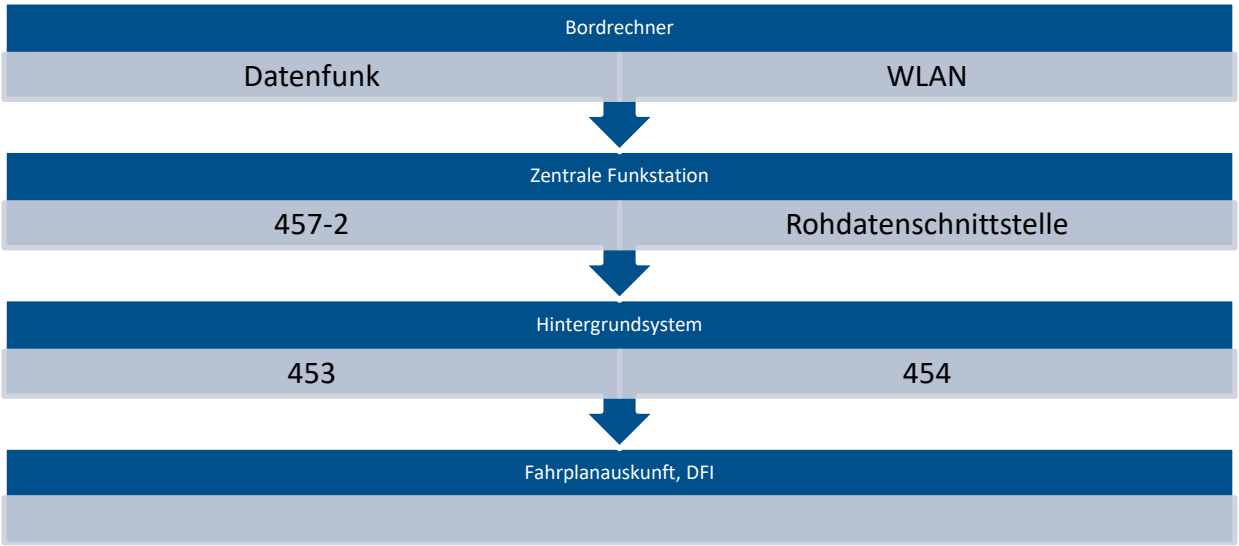
Die Ermittlung von Belegungs- und Auslastungsinformationen kann sowohl in den Fahrzeugen als auch in den Backoffice-Systemen auf Basis der kontinuierlich an den Außen- und Übergangstüren gezählten Ein- und Aussteiger erfolgen.

Erfolgt die Ermittlung in den Fahrzeugen, werden die Belegungs- und Auslastungsinformationen mit der in Version 2.0 von 2022 der Rohdaten-Schnittstelle 457-2 neu eingeführten OccupancyMessage an die Backoffice-Systeme übertragen.

Erfolgt die Ermittlung der Belegungs- und Auslastungsinformationen in den Backoffice-Systemen, können die in den Fahrzeugen an den Außen- und Übergangstüren kontinuierlich gezählten Ein- und Aussteiger mit der PassengerCountingMessage an die Backoffice-Systeme übertragen werden.

16.2.2.1.1 Zielsetzung der Erweiterung

Im Hintergrundsystem werden Informationen über die Ist-Auslastung in Echtzeit benötigt.
Diese Belegungsinformationen sollen von hier über die Schnittstellen 453 und 454 an Fahrplanauskunftssystem oder DFI weitergegeben werden.
Es ergibt sich also folgendes Bild:



Die Anforderungen an die Datenbereitstellung zum Zweck der Nachfrageermittlung / Einnahmeaufteilung einerseits und für die Besetzgradanzeige andererseits unterscheiden sich hinsichtlich Geschwindigkeit und Rhythmus der Übermittlung, sowie Aktualität und Exaktheit der Daten erheblich.
Deswegen wurde eine zusätzliche Struktur „Occupancy Message“ auf der Ebene von „PessengerCountingMessage“ eingefügt.

16.2.2.1.2 Beschreibung der Erweiterung

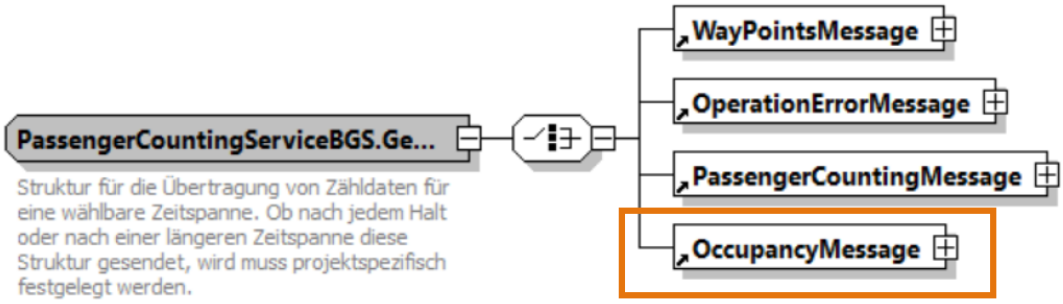
Zentrale Strukturen sind

- die OccupancyArea-Elemente, in denen die Besetzungsdaten enthalten sind,
- das OccupationItem, das die Besetzung im Erhebungsraum enthält,
- die CompositionItem-Elemente, welche die Zusammensetzung des Fahrzeugverbands beschreiben
- das Element PartofCompositionItem, das die endlose Verschachtelung von CompositionItems erlaubt.

Außerdem wird mit einem optionalen Element Capacity die Möglichkeit geschaffen, im Zeitablauf (z. B. saisonal) wechselnde Ausstattung (z. B. Fahrradstellplätze) zu übermitteln.

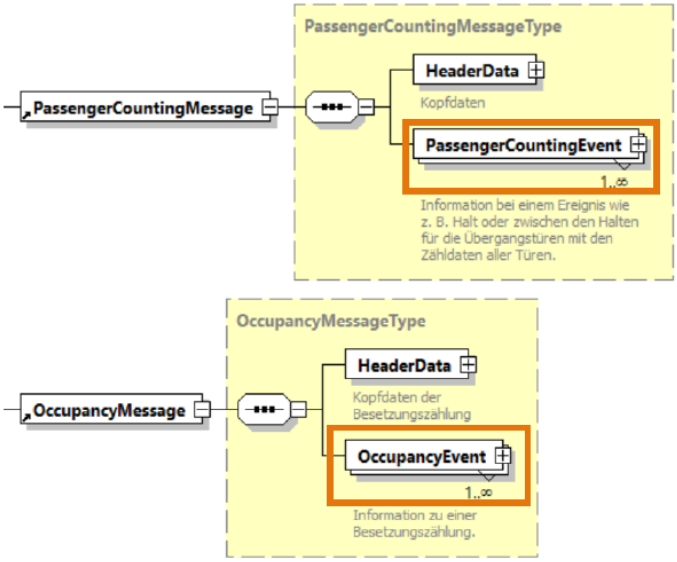
Struktur <OccupancyMessage> (I)

- Besetzungsdaten werden getrennt von den Türzähldaten übertragen
  - ✓ Struktur <OccupancyMessage>



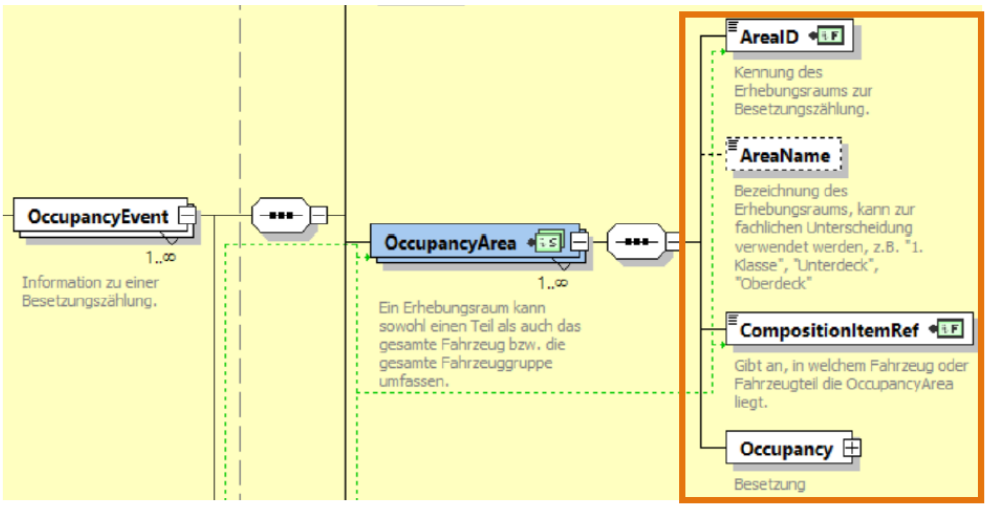
Struktur <OccupancyMessage> (II)

- Der Aufbau der Struktur wurde von den Türzähldaten übernommen
  - ✓ Kopfdaten
  - ✓ Datensätze zur Zählung als Liste von < ... Event> - Strukturen



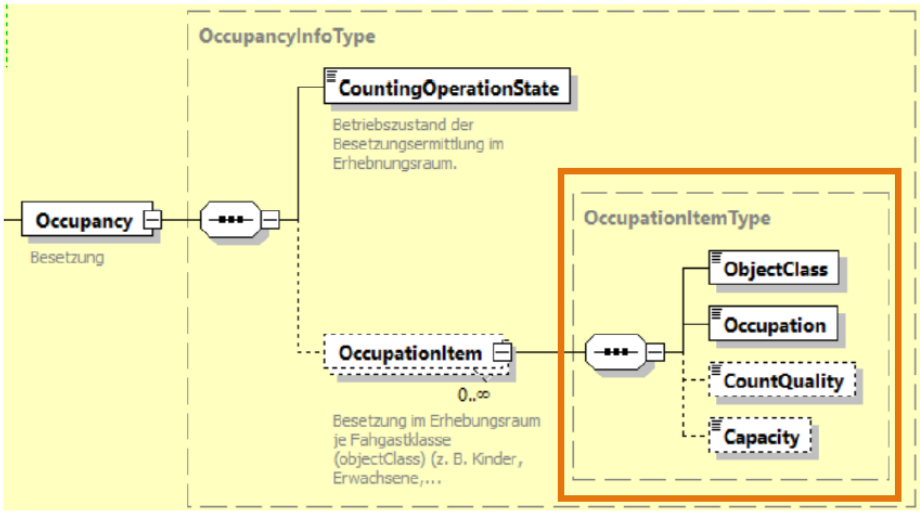
<OccupancyEvent> (I)

- Strukturierung eines Datensatzes zur Besetzungszählung:
  - ✓ Unterscheidung von Zählbereichen
  - ✓ Je Zählbereich ein Element <OccupancyArea>



<Occupancy> (I)

- Die Inhalte eines Zählbereichs:
  - ✓ Besetzungswerte getrennt nach Zählkategorien: <ObjectClass>
  - ✓ Angabe zur Kapazität möglich: <Capacity>



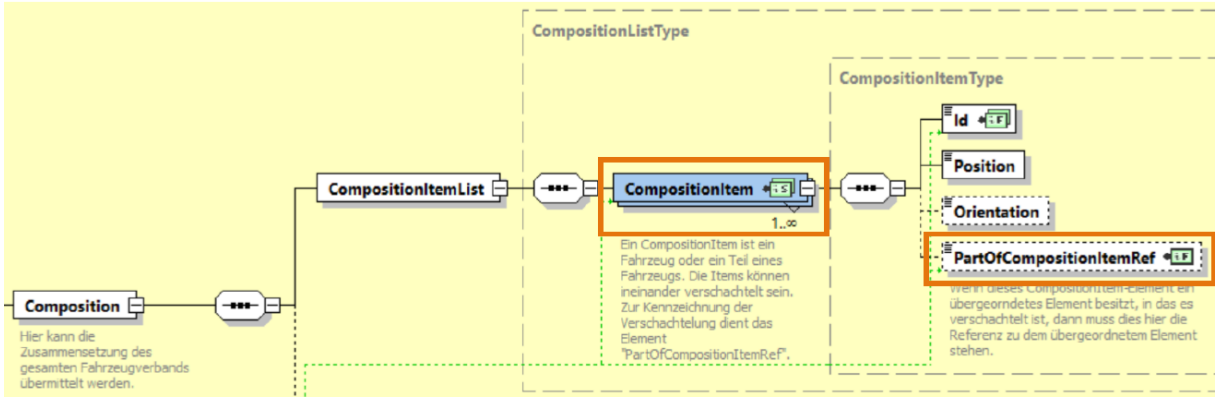
OccupancyCountingObjectClassEnumeration (I)

- Eigene Objektkategorien für Besetzungszählung
  - ✓ Neu: Kategorie „Space“ als Maß für Flächen / Raumeinheiten
  - ✓ Zu diskutieren: Zusätzliche Erweiterungen?

```
<xs:simpleType name="OccupancyCountingObjectClassEnumeration">
    <xs:restriction base="xs:string">
        <xs:enumeration value="Adult"/>
        <xs:enumeration value="Child"/>
        <xs:enumeration value="Bike"/>
        <xs:enumeration value="WheelChair"/>
        <xs:enumeration value="Pram"/>
        <xs:enumeration value="Person"/>
        <xs:enumeration value="Luggage"/>
        <xs:enumeration value="Space"/>
    </xs:restriction>
</xs:simpleType>
```

<CompositionItemList>

- Die Fahrzeugbereiche können ineinander „verschachtelt“ sein
  - ✓ <PartOfCompositionItemRef>



16.2.2.1.3 Beispiel Zugkompositionen

Das nachfolgende Beispiel bezieht sich auf einen Fahrverband bestehend aus zwei getrennten Fahrzeugen

- uic1: mit Besetzungsdaten, die auf tieferen Ebenen erhoben werden
  - uic1-teil1: Der erste Fahrzeugteil innerhalb von uic1
    - Oberdeck, Unterdeck: Dies sind getrennte Zählbereiche für die Besetzungsermittlung in uic1-teil1
  - uic1-teil2: Der zweite Fahrzeugteil innerhalb von uic1
    - Oberdeck, Unterdeck: Dies sind getrennte Zählbereiche für die Besetzungsermittlung in uic1-teil2
- uic2: ohne Besetzungsdaten
  - hier ist zwar bekannt, dass ein Traktionsfahrzeug existiert, aber die Zähldaten des Traktionsfahrzeugs werden getrennt übertragen
  - daher ist die tiefere Struktur von uic2 hier auch nicht bekannt, das heißt es werden keine Fahrzeugteile übertragen

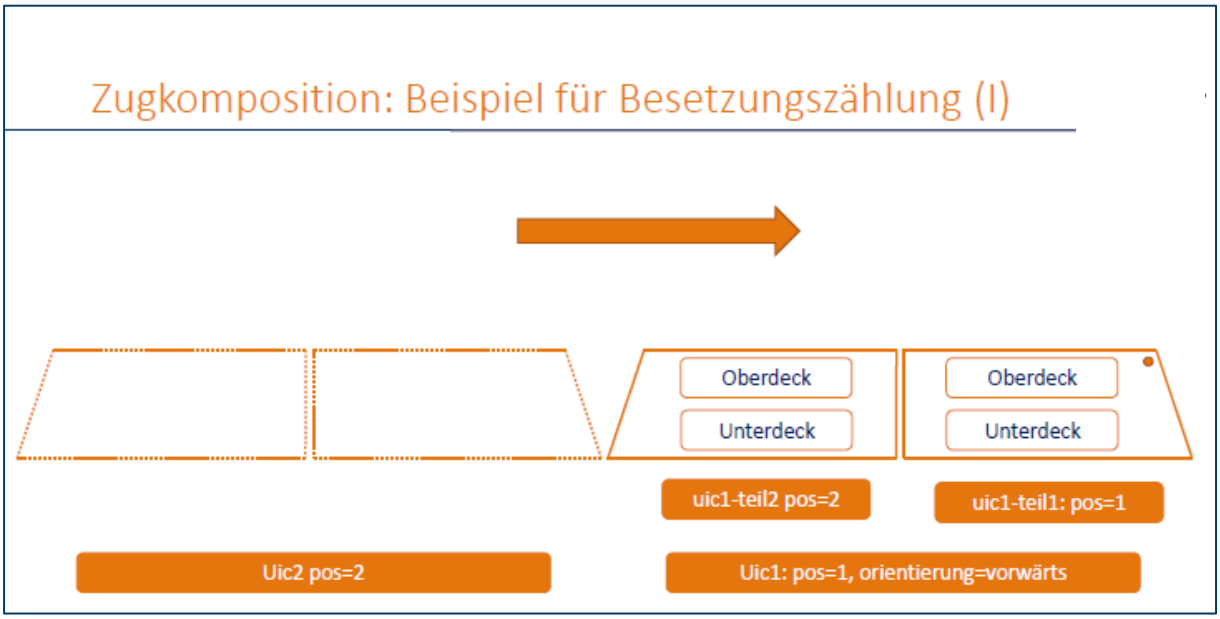
Jede OccupancyArea muss in einem CompositionItem enthalten sein, um unterschiedliche Besetzungen innerhalb des Fahrverbands darstellen zu können.

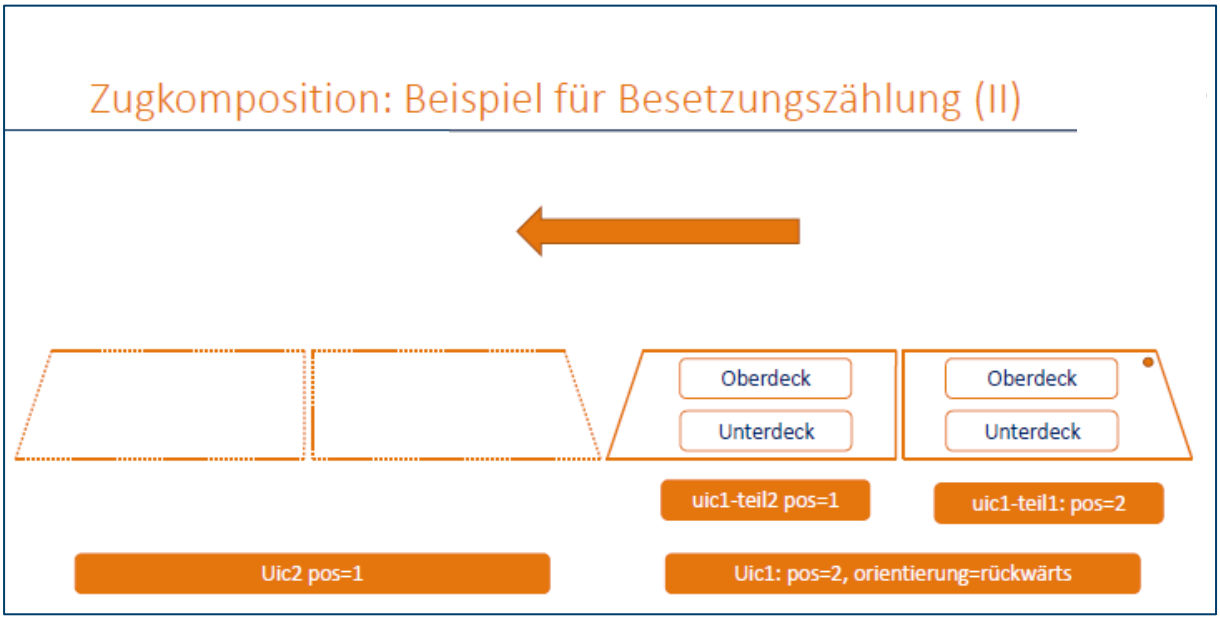
Im Beispiel wird nur die "horizontale Struktur" über die CompositionItem-Elemente übertragen: Fahrzeuge und Fahrzeugteile. Ansatz: Die werden auch so am Bahnsteiganzeiger dargestellt.

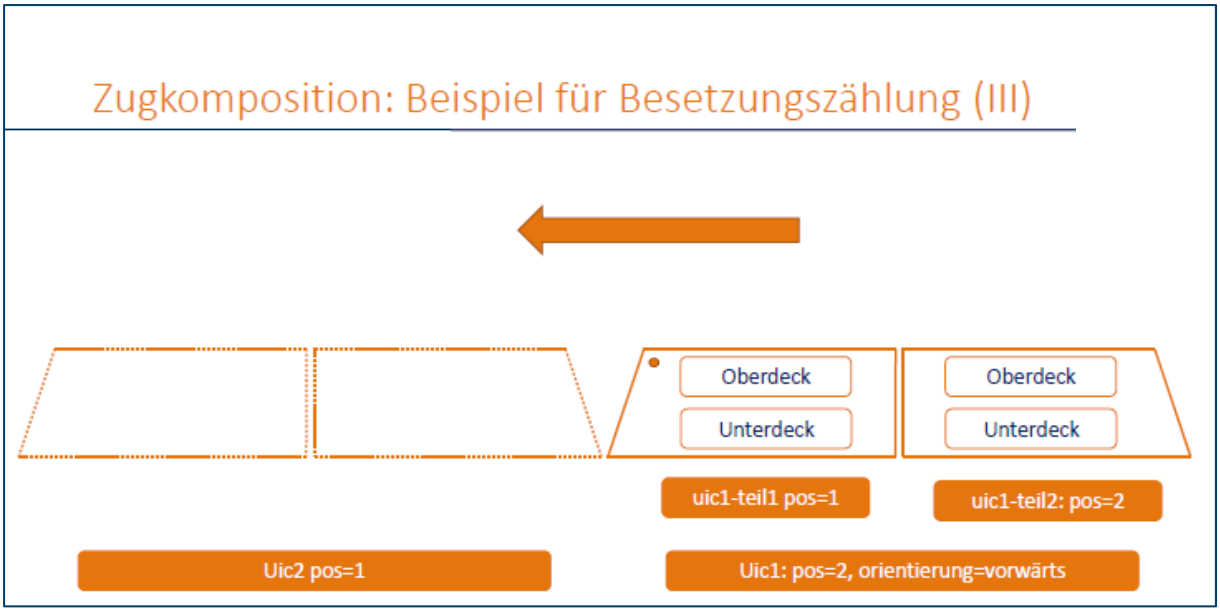
Die "vertikale Struktur" mit je Fahrzeugteil einem Oberdeck und Unterdeck sind dann getrennte OccupancyArea-Elemente, die aber jeweils beide dem gleichen Fahrzeugteil zugeordnet sind.

Man könnte auch für Oberdeck und Unterdeck nochmal getrennte verschachtelte CompositionItem-Elemente definieren. Das darf der Anwender selbst entscheiden.

Die exakte Stelle des CompositionItems im Fahrzeug wird mit Hilfe der Position und der Orientation festgestellt.




Zugkomposition: Beispiel für Besetzungszählung (II)
Oberdeck
Unterdeck
Oberdeck
Unterdeck
uic1-teil2 pos=1
uic1-teil1: pos=2
Uic2 pos=1
Uic1: pos=2, orientierung=rückwärts


Zugkomposition: Beispiel für Besetzungszählung (III)
Oberdeck
Unterdeck
Oberdeck
Unterdeck
uic1-teil1 pos=1
uic1-teil2: pos=2
Uic2 pos=1
Uic1: pos=2, orientierung=vorwärts

16.2.2.1.4 Verhältnis zu VDV-Schrift 454

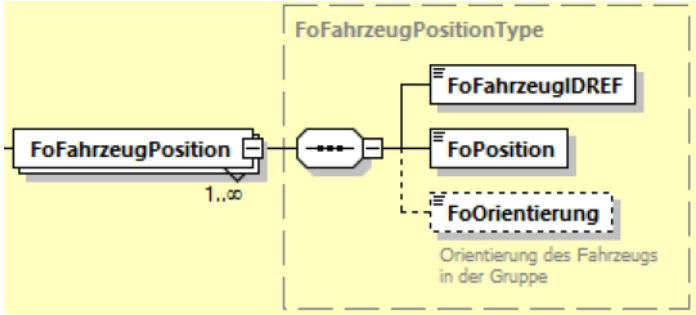
In der 454 ist der Besetzgrad in der Struktur IstFahrt und IstHalt (s. anbei). Die Übermittlung erfolgt also pro Fahrzeug und pro Halt. Eine Übertragung von Besetzgraden in Fahrzeugteilen ist mit dem Konzept der Formation möglich.

Es gibt die Ebenen

- FO_Gruppen
- FO_Gruppe
- FO_Fahrzeug

Die Schachtelung ist also anders als bei der Schnittstelle 457-2 begrenzt. Dafür gibt es das Konzept der Ausstattungen (FoFahrzeugAusstattungen) mit zugehöriger Anzahl und Belegung

Für jedes Fahrzeug wird die Position und Orientierung in der Gruppe angegeben:

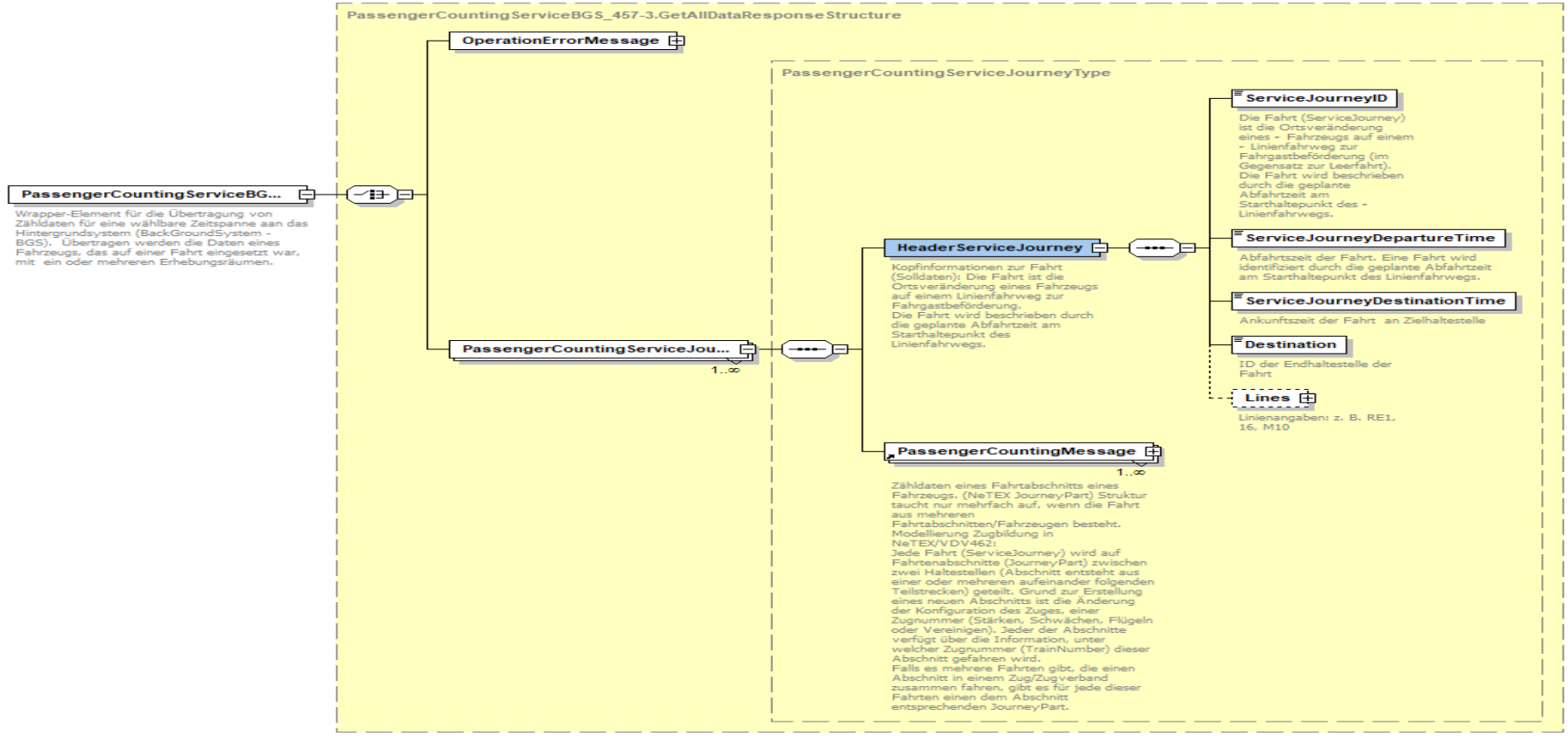


16.3 Zähldatenschnittstelle VDV 457-3

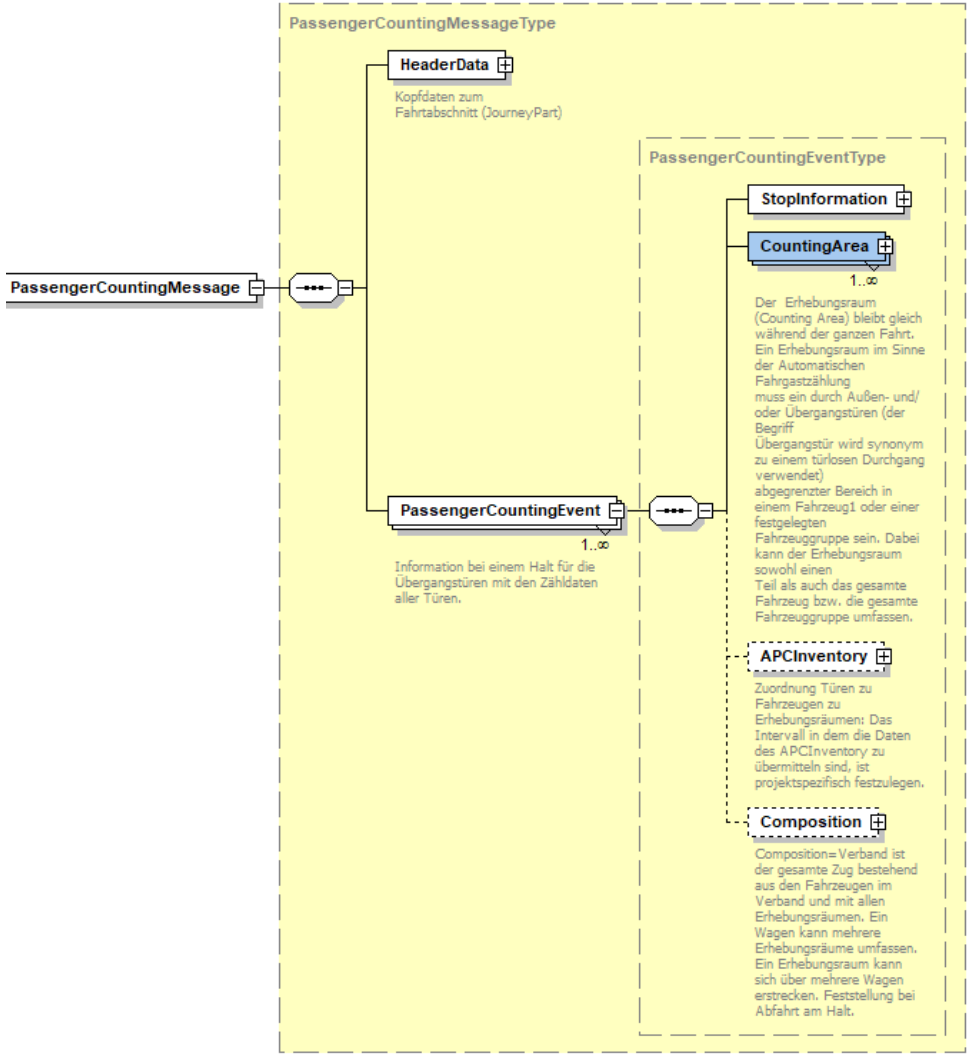
Die Zähldatenschnittstelle ist als XML-Schema abrufbar auf https://www.vdv.de/afzs.aspx

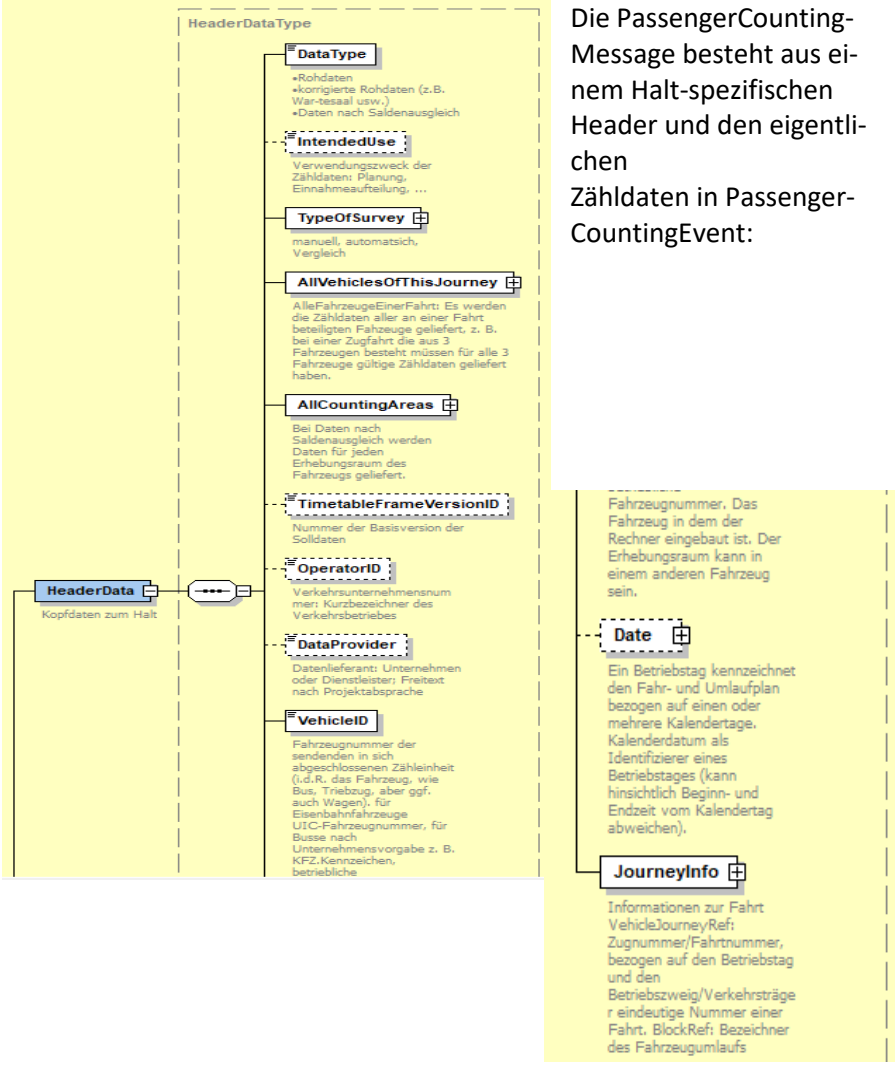
OperationErrorMessage und PassengerCountingServiceJourney
Die Datenlieferung besteht entweder aus einer *OperationErrorMessage* oder aus beliebig vielen Zähldaten für Fahrten PassengerCountingServiceJourney.

Diese haben jeweils einen Header mit Angaben zu Linie und Fahrt und für jeden Halt eine PassengerCountingMessage mit den Zähldaten:



PassengerCountingMessage



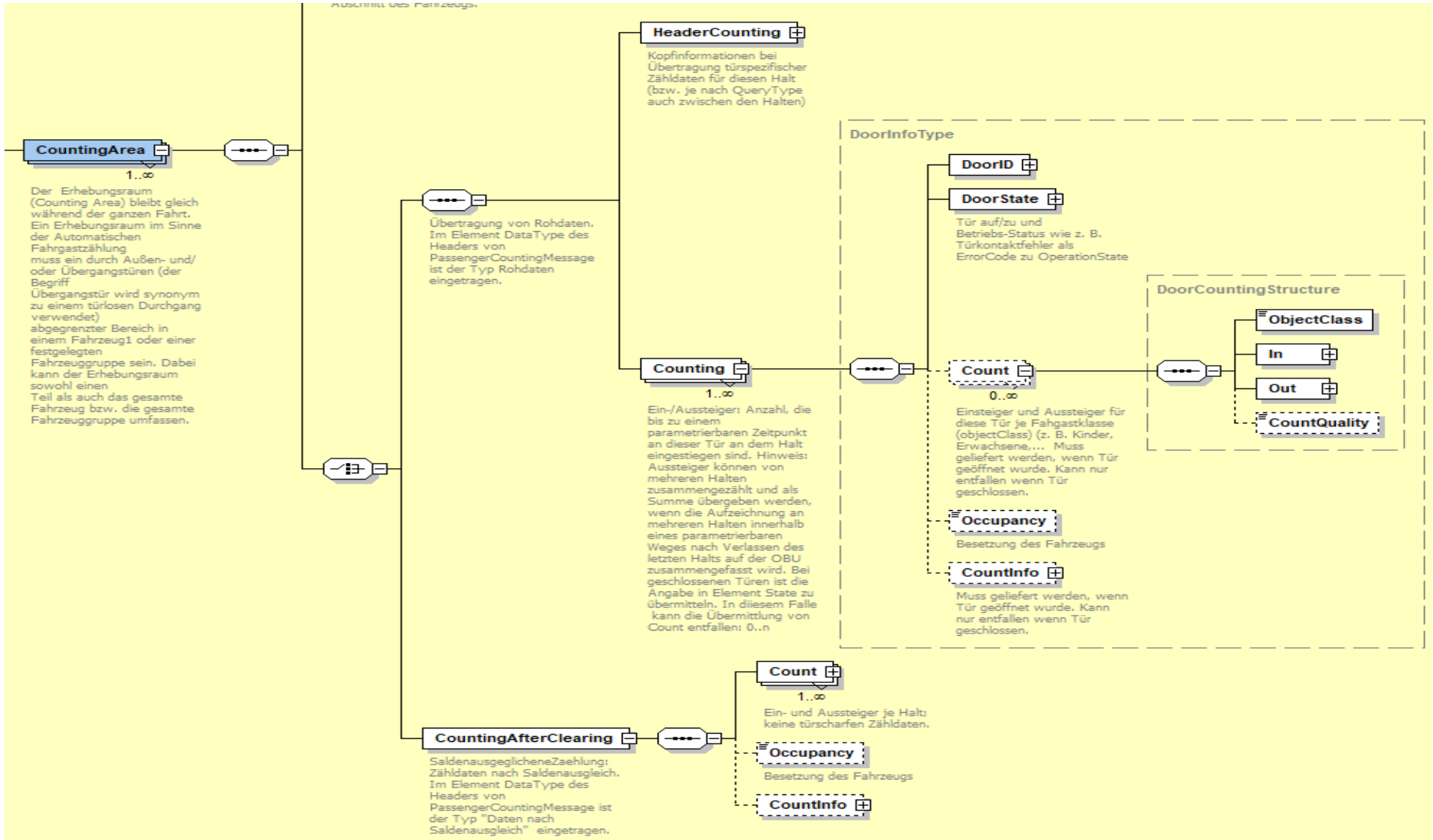


Die PassengerCounting-Message besteht aus einem Halt-spezifischen Header und den eigentlichen Zähldaten in Passenger-CountingEvent:

CountingArea

Die tatsächlichen Zähldaten werden innerhalb Struktur CountingArea mit der Struktur *Count* übertragen:

- im Falle von Rohdaten türscharf in der Struktur *Counting,*
- andernfalls haltestellenscharf in der Struktur *CountingAfterClearing*


CountingArea
1..∞
Der Erhebungsraum (Counting Area) bleibt gleich während der ganzen Fahrt. Ein Erhebungsraum im Sinne der Automatischen Fahrgastzählung muss ein durch Außen- und/ oder Übergangstüren (der Begriff Übergangstür wird synonym zu einem türlosen Durchgang verwendet) abgegrenzter Bereich in einem Fahrzeug1 oder einer festgelegten Fahrzeuggruppe sein. Dabei kann der Erhebungsraum sowohl einen Teil als auch das gesamte Fahrzeug bzw. die gesamte Fahrzeuggruppe umfassen.
HeaderCounting
Kopfinformationen bei Übertragung türspezifischer Zähldaten für diesen Halt (bzw. je nach QueryType auch zwischen den Halten)
Übertragung von Rohdaten. Im Element DataType des Headers von PassengerCountingMessage ist der Typ Rohdaten eingetragen.
Counting
1..∞
Ein-/Aussteiger: Anzahl, die bis zu einem parametrierbaren Zeitpunkt an dieser Tür an dem Halt eingestiegen sind. Hinweis: Aussteiger können von mehreren Halten zusammengezählt und als Summe übergeben werden, wenn die Aufzeichnung an mehreren Halten innerhalb eines parametrierbaren Weges nach Verlassen des letzten Halts auf der OBU zusammengefasst wird. Bei geschlossenen Türen ist die Angabe in Element State zu übermitteln. In diiesem Falle kann die Übermittlung von Count entfallen: 0..n
DoorInfoType
DoorID
DoorState
Tür auf/zu und Betriebs-Status wie z. B. Türkontaktfehler als ErrorCode zu OperationState
Count
0..∞
Einsteiger und Aussteiger für diese Tür je Fahgastklasse (objectClass) (z. B. Kinder, Erwachsene,... Muss geliefert werden, wenn Tür geöffnet wurde. Kann nur entfallen wenn Tür geschlossen.
Occupancy
Besetzung des Fahrzeugs
CountInfo
Muss geliefert werden, wenn Tür geöffnet wurde. Kann nur entfallen wenn Tür geschlossen.
DoorCountingStructure
ObjectClass
In
Out
CountQuality
CountingAfterClearing
SaldenausgegleicheneZaehlung: Zähldaten nach Saldenausgleich. Im Element DataType des Headers von PassengerCountingMessage ist der Typ "Daten nach Saldenausgleich" eingetragen.
Count
1..∞
Ein- und Aussteiger je Halt; keine türscharfen Zähldaten.
Occupancy
Besetzung des Fahrzeugs
CountInfo

Beispiel: Türscharfe Zähldaten

XML-Dokument überträgt Rohdaten der Fahrt 16_01 für die 3 Haltestellen PP_4607, PP_4608 und PP_4609, die automatisch gezählt werden:

```
XML
Comment                    edited with XMLSpy v2017 rel. 3 sp1 (x64) (http://www.altova.com) by Winfried Bruns (VDV)
PassengerCountingServiceBGS_457-3.GetAllDataResponse
  xmlns:xsi                http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance
  xsi:noNamespac...        IBIS-IP_PassengerCountingServiceBGS_457-3_V0.09.xsd
  PassengerCountingServiceJourney
    HeaderServiceJourney
      ServiceJourneyID     16_01
      ServiceJourney...    2001-10-26T21:32:52
      ServiceJourney...    2001-10-26T22:39:52
      Destination          Bonn-Rathaus
    PassengerCountingMessage
      HeaderData
        DataType           RawData
        TypeOfSurvey       automatic
        AllVehiclesOfThisJourney
          Value            true
        AllCountingAreas
          Value            true
        VehicleID          K-HP4711
      PassengerCountingEvent (3)
        StopInformation                                  CountingArea
        1 StopInformation                                CountingArea
            StopStatus     normal                          AreaID          00
            StopRef                                        HeaderCounting  QueryType=at stop
              Value        PP_4607                         Counting (2)
        2 StopInformation                                CountingArea
            StopStatus     normal                          AreaID          00
            StopRef                                        HeaderCounting  QueryType=at stop
              Value        PP_4608                         Counting (2)
        3 StopInformation                                CountingArea
            StopStatus     normal                          AreaID          00
            StopRef                                        HeaderCounting  QueryType=at stop
              Value        PP_4609                         Counting
```

Es gibt nur eine CountingArea '00'. Für diese werden z. B. für die Haltestelle PP_4607 für die Türen '1L' und '2L' jeweils Zählungen in einer Struktur 'Counting' übertragen:

```
CountingArea
CountingArea
    AreaID                  00
    HeaderCounting
        QueryT...           at stop
        Seque...            001
        TimeStamp
            Value           2017-10-26T21:32:52
        TimeStampEventStart
            Value           2017-10-26T21:32:52
        TimeStampEventEnd
            Value           2017-10-26T21:33:52
    Counting (2)
        DoorID | Count | DoorState
        1 DoorID
            Value           1L
          Count (2)
            ObjectClass | In | Out
            1 Adult   In Value 23   Out Value 4
            2 Child   In Value 12   Out Value 4
          DoorState
            OpenState
                Value       SingleDoorOpen
        2 DoorID
            Value           2L
          Count (3)
            ObjectClass | In | Out
            1 Adult   In Value 9    Out Value 5
            2 Child   In Value 8    Out Value 5
            3 Pram    In Value 1    Out Value 0
          DoorState
            OpenState
                Value       SingleDoorOpen
```

Beispiel Zähldaten After Clearing

Es gibt nur eine CountingArea '00'. Für diese werden für jede Haltestelle für alle Türen zusammen die Zählungen in einer Struktur 'CountingAfterClearing' übertragen:

- PassengerCountingServiceJourney
  - HeaderServiceJourney
  - PassengerCountingMessage
    - HeaderData
    - PassengerCountingEvent (3)

	StopInformation		CountingAreaID	CountingAfterClearing	Count	Ob...	In	Out
1	StopInformation	StopStatus: normal; StopRef Val...: PP_4607	CountingArea	AreaID: 00	1	Adult	In V.: 34	Out Value: 12
					2	Child	In V.: 45	Out Value: 34
2	StopInformation	StopStatus: normal; StopRef Val...: PP_4608	CountingArea	AreaID: 00	1	Adult	In V.: 12	Out Value: 3
					2	Child	In V.: 12	Out Value: 1
3	StopInformation	StopStatus: normal; StopRef Val...: PP_4609	CountingArea	AreaID: 00	1	Adult	In V.: 22	Out Value: 11
					2	Child	In V.: 23	Out Value: 0

Auszug Beispiel Raw Data


```
XML
edited with XMLSpy v2017 rel. 3 sp1 (x64) (http://www.altova.com) by Winfried Bruns (VDV)
PassengerCountingServiceBGS_457-3.GetAllDataResponse
  x.. http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance
  x.. IBIS-IP_PassengerCountingServiceBGS_457-3_V0.09.xsd
  PassengerCountingServiceJourney
    HeaderServiceJourney
      ServiceJourneyID   16_01
      ServiceJourney...  2001-10-26T21:32:52
      ServiceJourney...  2001-10-26T22:39:52
      Destination        Bonn-Rathaus
    PassengerCountingMessage
      HeaderData
        DataType           RawData
        TypeOfSurvey       automatic
        AllVehiclesOfThisJourney
          Value            true
        AllCountingAreas
          Value            true
        VehicleID          K-HP4711
      PassengerCountingEvent (3)
        StopInformation                    CountingArea
      1 StopInformation                    CountingArea
          StopStatus       normal            Are...   00
          StopRef                            HeaderCounting
            Value          PP_4607              QueryType          at stop
                                                SequentialNumber   001
                                                TimeStamp
                                                  Value            2017-10-26T21:32:52
                                                TimeStampEventStart
                                                  Value            2017-10-26T21:32:52
                                                TimeStampEventEnd
                                                  Value            2017-10-26T21:33:52
```

```
Counting (2)
                DoorID                DoorState                Count
  1             DoorID                DoorState                Count (2)
                  Value   1L            OpenState                ObjectClass   In          Out
                                          Value   SingleDoorOpen  1 Adult       In          Out
                                                                   2 Child       In          Out
                                                                                 Value 8     Value 9
                                                                                 Value 9     Value 9
  2             DoorID                DoorState                Count (1)
                  Value   2L            OpenState                ObjectClass   In          Out
                                          Value   SingleDoorOpen  1 Adult       In          Out
                                                                                 Value 33    Value 12
```

16.4 Ist-Fahrzeugeinsatzdaten VDV 457-4

Inhalt	**Bemerkung**	**VDV 452**	opti-onal
Dateierstellungs-datum		dec(8), JJJJMMTT	m
Verkehrsunter-nehmen	Bezeichner des Verkehrsunternehmens (Mandant)	UNTERNEHMEN, *Dec(3)*	X
ID des Netzes / Niederlassung (Betriebshof)	Bezeichner des Linienbereiches (Betriebs-zweig); Kennzeichen der Netzes oder der Niederlassung am Startbahnhof	BEREICH_NR, dec(3)	X
Fahrt	ID	FRT_FID, dec(6)	
Abfahrtsdatum 1. Haltestelle	Abfahrtsdatum an der ersten Haltestelle der Fahrt. Eine Fahrt kann sich (Eisenbahnver-kehr!) aus mehreren Leistungsabschnitten zusammensetzen.)	Betriebstag, dec(8) JJJJMMTT	
Abfahrtszeit 1. Haltestelle	Abfahrtszeit an der ersten Haltestelle.	FRT_STAR,T dec(6)	
Beginndatum der Leistung	Datum bei Beginn der Leistung, wenn Fahrt in mehrere Leistungsabschnitte eingeteilt wird	dec(8) JJJJMMTT	X
Beginnzeit der Leistung	Uhrzeit bei Beginn der Leistung, wenn Fahrt in mehrere Leistungsabschnitte ein-geteilt wird	Dec(6)	X
Enddatum der Leistung	Datum bei Ende der Leistung, wenn Fahrt in mehrere Leistungsabschnitte eingeteilt wird.	dec(8) JJJJMMTT	X
Endzeit der Leis-tung	Uhrzeit bei Ende der Leistung, wenn Fahrt in mehrere Leistungsabschnitte eingeteilt wird.	Dec(6)	X
Starthaltestelle	Abfahrtspunkt z. B. bei Wechsel des Fahr-zeugs während der Fahrt oder Beginn des nächsten Leistungsblocks bei Bahnverkehr	ANF_OR,T dec (6)	X
Endhaltestelle	Der Fahrt oder des Leistungsblocks	END_ORT, dec(6)	X
Umlauf		UM_UID dec(8)	
Behängung	Anzahl aller Fahrzeugeinheiten (egal ob mit Zähleinrichtung oder ohne) z. B. Wagen in lokbespanntem Zug oder Triebwagen		X
Fahrzeugnummer	Eindeutige Kennung für im Sinne der AFZ abgeschlossene Fahrzeugeinheit mit Zäh-leinrichtung, z. B. für Triebwagen, Bus,	FZG_NR, dec(4)	
Fahrzeugnummer	Eindeutige Kennung der Einheiten ohne Zähleinrichtung	FZG_NR, dec(4)	X
Position	Position des Fahrzeugeinheit (s. o) im Zug		X

Erhebungsraum-nummer	Die Zähl- (Erhebungs-) raumnummer ist ein Unterscheidungsmerkmal, bei von verschiedenen abgeschlossenen Erhebungsräumen innerhalb eines Fahrzeuges - z. B. Zählung in der ersten Klasse	NUM	X

Tabelle [10]

16.5 Schnittstelle Fahrzeugverfügbarkeitsdaten VDV 457-5

Die Schnittstelle übergibt nur den Anteil der Fahrzeuge, die mit Zählsystem ausgestattet sind.

Inhalt	**Bemerkung**	**VDV452**	opti-onal
Dateierstellungsdatum			
Datenlieferant	Unternehmen oder Dienstleister		
Fahrzeugnummer	Eindeutige Kennung	FZG_NR, dec(4)	
Fahrzeugbezeichnung	z. B. Kennzeichen	POLKENN, char(20)	X
Fahrzeugtyp	z. B. BR642 Mit Angabe des Typs sind alle anderen relevanten Ausstattungsmerkmale wie z. B. Sitzplätze, Stehplätze, Anzahl Türen festgelegt.	FZG_TYP_NR, dec(3)	
Fahrzeug nicht verfügbar	Datum von bis / Kalender		X
Betriebshof	Angabe zur Beheimatung		X
Abstellungsort des Fahrzeugs	Ggfs. abhängig von Datum (von bis) / Kalender		
Zählgerättyp			X
Zählgerätnichtverfügbarkeit	Datum von bis / Kalender		
Grund für Nichtverfügbarkeit Zählsystem	z. B. Defekt Zs		X
Grund für Nichtverfügbarkeit Fahrzeug	z. B. falsche Stellung Betriebshof, defektes Fahrzeug		X
Einsatzbeschränkung	z. B. auf bestimmter. Linie		

Tabelle[11]

17 Anlage 6: Regelkatalog Prüfung und Testierung Messgenauigkeit Fahrräder

17.1 Regelungsgegenstand

Automatische Fahrgastzählsysteme bieten neben der etablierten Erfassung von Personen auch die Möglichkeit der Erfassung von weiteren Messkategorien, hier Fahrrädern. Deshalb ist es erforderlich, zusätzliche Regelungen zur Prüfung und Testierung der Messgenauigkeit von Fahrrädern zu definieren.

17.2 Rahmenbedingungen für die Ermittlung der Fahrradnachfrage

17.2.1 Definition Messkategorie Fahrräder

In Anlehnung an §63a der deutschen Straßenverkehrs-Zulassung-Ordnung (StVZO) bzw. der in anderen Ländern im Anwendungsbereich der VDV457 - analogen Regelungen - wird ein Fahrrad im Sinne der automatischen Fahrradzählung zur Nachfragermittlung wie folgt definiert:

a) Ein Fahrrad ist ein Fahrzeug mit mindestens zwei Rädern und einer Reifengröße von mindestens 16 Zoll, das ausschließlich durch die Muskelkraft auf ihm befindlicher Personen mit Hilfe von Pedalen oder Handkurbeln angetrieben wird.

b) Als Fahrrad gilt auch ein Fahrzeug im Sinne des Absatzes 1, das mit einer elektrischen Tretthilfe ausgerüstet ist, die mit einem (elektro-)motorischen Hilfsantrieb ausgestattet ist, dessen Unterstützung sich mit zunehmender Fahrzeuggeschwindigkeit progressiv verringert und beim Erreichen einer Geschwindigkeit von 25 km/h oder wenn der Fahrer mit dem Treten oder Kurbeln einhält, unterbrochen wird. Die Anforderungen des Satzes 1 sind auch dann erfüllt, wenn das Fahrrad über einen Hilfsantrieb im Sinne des Satzes 1 verfügt, der eine Beschleunigung des Fahrzeugs auf eine Geschwindigkeit von bis zu 6 km/h, auch ohne gleichzeitiges Treten oder Kurbeln des Fahrers, ermöglicht (Anfahr- oder Schiebehilfe). Unter zusätzlicher Beachtung von §16 der StVZO werden hingegen die nachfolgend genannten Gegenstände nicht als Fahrzeug und damit auch nicht als Fahrrad definiert:

c) Schiebe- und Greifreifenrollstühle, Rodelschlitten, Kinderwagen, Roller, Kinderfahrräder und ähnliche nicht motorbetriebene oder mit einem Hilfsantrieb ausgerüstete ähnliche Fortbewegungsmittel mit einer bauartbedingten Höchstgeschwindigkeit von nicht mehr als 6 km/h sind nicht Fahrzeuge im Sinne dieser Verordnung

17.2.2 Annahmen für die Ermittlung der Fahrradnachfrage

Für die Ermittlung der Fahrradnachfrage wird angenommen, dass Fahrräder im Regelfall durch Personen mitgeführt werden und es in der Praxis nicht vorkommt, dass ein Fahrradein- bzw. Fahrradausstieg an einem Halt ohne einen Personenein- und bzw. Personenausstieg erfolgt. Dieser Sachverhalt gilt zugleich als Prüfkriterium. Hierzu wird auf Abschnitt 4.3.2.2 verwiesen.

17.3 Vorgaben zur Prüfung der Messgenauigkeit

17.3.1 Nachweisebenen

Es wird empfohlen, dass der Nachweis zur Einhaltung der Anforderungen an die Messgenauigkeit für die Messkategorie Fahrräder analog zur Vorgehenseise bei der Messkategorie Personen auf der Ebene Fahrzeugkategorien erfolgt. Diese sind hinsichtlich Fahrzeug- und Türtypen so zu definieren, dass alle Fahrzeugkategorien im Rahmen der Vergleichszählung anteilig erfasst werden.

Für die Ermittlung der Fahrradnachfrage werden folgende Anforderungen an die Messgenauigkeit gestellt.

I. Ebene der unveränderten Fahrzeugrohdaten

a) Die Differenzen der Summen der automatischen Zählwerte dürfen sowohl für die Fahrradeinstiege als auch für die Fahrradausstiege über alle Halte und alle Prüffahrten einer Vergleichszählung 20 % der manuell gezählten Referenzwerte nicht übersteigen (Test auf Globale Unverzerrtheit)

und

b) zum Nachweis der statistischen Unverzerrtheit ist der Äquivalenztest durchzuführen und nachzuweisen, dass der Äquivalenzbereich von - 0,3 bis + 0,3 eingehalten wird (Test auf statistische Unverzerrtheit).

II. Ebene nach Verarbeitung im Hintergrundsystem

Die Differenzen der Summen, der auf Basis der automatischen Zählwerte im Hintergrundsystem ermittelten „Verkehrsmenge“ (Fahrradbeförderungsfälle) und „Verkehrsleistung“ (Fahrradkilometer), dürfen nach Saldenausgleich über alle Halte und alle Prüffahrten einer Vergleichszählung nicht mehr als 20 % von den aufbereiteten manuell gezählten Referenzwerten abweichen (Test auf Globale Unverzerrtheit nach Wartesaal- und Saldenausgleich).

Ergänzende Aussagen zur Verkehrsleistung (Pkm)

Die Ermittlung der Messgenauigkeit des AFZS bezogen auf die Kenngröße „Verkehrsleistung“ (Pkm) erfolgt auf Basis der Fahrradbesetzungen zwischen zwei Haltestellen, die über die Anzahl der einsteigenden und aussteigenden Fahrräder ermittelt werden und der Multiplikation der Besetzung mit der Entfernung zwischen beiden Haltestellen **nach** der Anwendung des Algorithmus zum Saldenausgleich gemäß Abschnitt 8.1.

Damit kann erst auf dieser Ebene die Bestätigung der Messgenauigkeit der Kenngröße Verkehrsleistung erfolgen.

17.3.2 Ermittlung Messfehler

17.3.2.1 Prüfung der Fahrradein- und Fahrradausstiege über alle Fahrten (Schranke a)

Die Ermittlung der zufälligen Fehler erfolgt in der Form

$$\Delta i.rel = \frac{/F_a - F_m/}{F_m} \cdot 100/\%/ \qquad \textbf{(1)}$$

In ihr bedeuten:

F_a die automatisch erfasste Anzahl von Fahrrädern (jeweils separat für Fahrradein- und ausstiege

und

F_m die entsprechende manuell erfasste Anzahl von Fahrrädern (jeweils separat für Fahrradein- und ausstiege)

Dabei sind nur Ergebnisse aus vollständigen Zählfahrten (vom fahrplanmäßigen Fahrtbeginn bis zum fahrplanmäßigen Ende) zu berücksichtigen.

17.3.2.2 Prüfung der statistischen Unverzerrtheit (Schranke b) auf Ebene der Fahrzeugrohdaten

Nach der Prüfung der Einhaltung der zufälligen Messfehler wird in Schranke b geprüft, ob die Anforderungen an die statistische Unverzerrtheit erfüllt werden. Dazu wird analog der Vorgehensweise bei der Prüfung der Messgenauigkeit von Personen der Äquivalenztest durchgeführt.

Mit der Anwendung des Äquivalenztests wird gesichert, dass ein AFZS dann testiert werden kann, wenn nachgewiesen wird, dass der Äquivalenzbereich von - 0,3 bis + 0,3 eingehalten wird.

Diese Nachweisführung und direkte Prüfung, ob das Konfidenzintervall im Äquivalenzbereich liegt, erfolgt auf Basis des Äquivalenztests gemäß nachfolgender Formel

$$\left|\overline{D} \pm z_{1-\frac{\alpha}{2}} \cdot \frac{\hat{v}}{\sqrt{n}}\right| \leq \Delta \qquad \textbf{(2)}$$

Die Größen sind:

$\overline{\mathbf{D}}$: **Mittelwert <u>der relativen</u> Differenzen aus automatischer und manueller Zählung. Hierzu sind die Differenzen zwischen automatisch und manuell gezählten Fahrrädern (separat für Fahrradein- und Fahrradausstiege) je Haltestellentürereignis zu erfassen, der Mittelwert zu berechnen und anschließend durch die durchschnittliche Anzahl an Fahrradeinstiegen bzw. Fahrradausstiegen zu dividieren.**

$\boldsymbol{z}_{\left(1-\frac{\alpha}{2}\right)}$: $(1-\frac{\alpha}{2})$-Quantil der Standardnormalverteilung

$\hat{v}$: Empirische Standardabweichung zum Mittelwert der relativen Differenzen aus automatischer und manueller Zählung

n: Anzahl der erhobenen Haltestellentürereignisse

Der Äquivalenztest ist erfüllt, wenn das gesamte Konfidenzintervall in dem vorher spezifizierten Äquivalenzbereich [- Δ, + Δ] liegt. Dazu wird ein Wert zwischen - 0,3 und + 0,3 als maximal zulässige Abweichung vorgeschlagen.

Beispiel:

Mittelwert der relativen Differenzen aus automatischer und manueller Zählung	*0,2*
Empirische Standardabweichung zum Mittelwert	*0,5*
Quantil der Standardnormalverteilung	*1,96*
Anzahl der erhobenen Haltestellentürereignisse	*94*

Der Mittelwert der relativen Differenzen aus automatischer und manueller Zählung mit D = 20 % bzw. 0,2 liegt somit bei einem Fehlerintervall von 1 % bzw. 0,1 in dem vorab definierten Äquivalenzbereich von ± 30 % bzw. 0,3.

17.3.2.3 Prüfung der globalen Unverzerrtheit (Schranke a) auf Ebene nach Verarbeitung im Hintergrundsystem

Es ergibt sich die Notwendigkeit, neben der Messgröße zur Genauigkeit der Sensorik, auch eine quantitative Aussage zur resultierenden Messgenauigkeit in der Prozesskette nach der Datenübernahme im AFZS-Hintergrundsystem nach den Stufen der Prozesskette

- Güteprüfung (Abweisung von Fahrten mit unzulässigen Saldendifferenzen)
- Saldenausgleich (Ausgleich von zufälligen Messfehlern)

zu erhalten.

Deshalb wird nach der Prüfung der Einhaltung der zufälligen Messfehler auf der Ebene der unveränderten Rohdaten mit Schranke a) nach Saldenausgleich erneut geprüft, ob die zulässigen Differenzen der Summen der automatischen Zählwerte sowohl für die Fahrradeinstiege als auch für die Fahrradausstiege über alle Prüffahrten der Vergleichszählung eine Abweichung von 20 % der manuell gezählten Referenzwerte nicht übersteigen. Diese Prüfung ist auf den vorhandenen Werten der Vergleichsstichprobe aggregiert nach Fahrten durchzuführen. Eine Überwachung auf statistische Sicherheit auf Basis des Äquivalenztests erfolgt nicht.

17.4 Testierung der Messgenauigkeit

17.4.1 Allgemeine Vorgaben

Bei der Testierung der Messgenauigkeit sind die Stufen

- Ersttestierung vor Inbetriebnahme eines AFZS im Rahmen einer Vergleichszählung
- ereignis- bzw. fallbezogene Testierung nach jeweils gegebener Erforderlichkeit
- periodische Rezertifizierung eines im produktiven Einsatz befindlichen AFZS

zu unterscheiden.

Die nachfolgenden Darstellungen beziehen sich primär auf die Ersttestierung vor Inbetriebnahme des AFZS, kommen aber auch bei der ereignis- bzw. fallbezogenen Testierungen eingeführter AFZS zur Anwendung, wenn Änderungen an Komponenten, insbesondere den Sensoren sowie deren Firmware, mit unmittelbarem Einfluss auf die Messgenauigkeit erfolgen sollen bzw. erfolgt sind.

Die periodische Rezertifizierung kann auch auf Basis der im Hintergrundsystem vorhandenen Rohdaten des AFZS erfolgen. Die diesbezüglichen Vorgaben sind Bestandteil des Regelkataloges zur Vorbereitung, Durchführung und Auswertung von Systemabnahmen für AFZS-Hintergrundsysteme. Hierauf wird verwiesen.

17.4.2 Manuelle Vergleichszählungen

Es muss grundsätzlich möglich sein, die manuellen Vergleichszählungen auf allen Fahrzeugen des jeweiligen zu testierenden Fahrzeugtyps bzw. des Verkehrsunternehmens durchzuführen. Deshalb ist vor Durchführung einer manuellen Vergleichszählung sicherzustellen, dass alle Fahrzeuge die für die Vergleichszählung notwendige identische Hardwareausstattung und den für die Vergleichszählung notwendigen identischen Softwarestand haben. Die Auswahl der für die Vergleichszählung zu nutzenden Fahrzeuge erfolgt unter Beachtung ggf. vorhandener technischer Defekte am AFZS zufällig durch die Fahrzeugdisposition. Der Fahrzeugtyp wird anhand der Türsituationen, des Sensortyps und dessen Firmware unterschieden.

17.4.2.1 Stichprobenumfang für manuelle Vergleichszählungen

Der Stichprobenumfang für manuelle Vergleichszählungen für die Testierung der Messgenauigkeit wird auf der Ebene der unveränderten Fahrzeugrohdaten für den Nachweis der statistischen Unverzerrtheit auf Basis des Äquivalenztests unter Annahme einer unendlich großen Grundgesamtheit und unter Berücksichtigung des Fehlers 2. Art (statistische Power) auf der Grundlage von Haltestellentürereignissen geplant. Für die Stichprobenplanung ist die folgende Formel zu verwenden:

$$n \geq \left(z_{1-\frac{\alpha}{2}} + z_{1-\frac{\beta}{2}}\right)^2 \left(\frac{v}{\Delta}\right)^2 \qquad (3)$$

Die Größen der Formel sind:

n: Stichprobenumfang (Anzahl der Haltestellentürereignisse)

v: Standardabweichung

α: Fehler 1. Art (Anwenderrisiko)

β: Fehler 2. Art (Herstellerrisiko)

$\mathbf{z}_{\left(\mathbf{1}-\frac{\boldsymbol{\alpha}}{\mathbf{2}}\right)}$: $(1-\frac{\alpha}{2})$ - Quantil der Standardnormalverteilung

$\mathbf{z}_{\left(\mathbf{1}-\frac{\boldsymbol{\beta}}{\mathbf{2}}\right)}$: $(1-\frac{\beta}{2})$- Quantil der Standardnormalverteilung

Δ: Hier: Zulässige Abweichung des Messfehlers (globale Unverzerrtheit)

Zu den Kenngrößen der Formel zur Bestimmung der Stichprobengröße der manuellen Vergleichszählung für eine Anwendung auf Basis des Äquivalenztests ergeben sich die nachstehenden Hinweise und Vorgaben.

Mit der vorstehenden Formel wird die Anzahl (n) der aus mathematisch-statistischer Sicht mindestens in der manuellen Vergleichszählung zu erfassenden Haltestellentürereignisse berechnet. Die Erfüllung der Stichprobe ist auf dieser Grundlage nachzuweisen. Eine aggregierte Nachweisführung auf Basis von Fahrten ist nicht hinreichend. Es ist lediglich zulässig, auf Basis der Anzahl von Haltestellen und Türen die Vorgaben Haltestellentürereignisse als Fahrten im Sinne von praktisch besser handhabbaren Erhebungseinheiten zu interpretieren.

Den Berechnungen sind die nachstehenden Parameter zu Grunde zu legen:

α: Fehler 1. Art (bei Verwendung des Äquivalenztests das Risiko des Anwenders) sollte mit einer Größe von α = 5 % bzw. 0,05 angesetzt werden.

β: Fehler 2. Art neu (bei Verwendung des Äquivalenztests das Risiko des Herstellers) sollte mit β = 5 % bzw. 0,05 zur Anwendung kommen.

$\mathbf{Z}_{\left(1-\frac{\alpha}{2}\right)}$: Quantil (neu) der Standardnormalverteilung: Der Wert kann Tabellen entnommen werden. Für den Wert α = 5 % ergibt sich z. B. das 97,5 % Quantil der Standardnormalverteilung.

$\mathbf{Z}_{\left(1-\frac{\beta}{2}\right)}$: Quantil (neu) der Standardnormalverteilung: Der Wert kann Tabellen entnommen werden. Für den Wert α = 5 % ergibt sich das 97,5 % Quantil der Standardnormalverteilung.

Δ: Dieser Wert stellt hier als Parameter der Stichprobenplanung auf die maximal zulässige Abweichung des Messfehlers im Sinne der Schranke globale Unverzerrtheit ab und ist damit von seiner Verwendung als Maß für die zulässige Verzerrung im Äquivalenztest zu unterscheiden. Als Parameter der Stichprobenplanung gilt analog zur Vorgabe der Schranke zur globalen Unverzerrtheit Δ = 20 % bzw. 0,2.

Es wird empfohlen, die statistisch notwendige Größe der Stichprobe (Anzahl der Haltestellentürereignisse) für die manuelle Vergleichszählung zur Testierung der Messgenauigkeit von Fahrrädern in Abhängigkeit von den spezifischen Bedingungen des Untersuchungsraumes um ca. 15 % zu erhöhen. Dabei wird empfohlen, entweder auf Basis von Vergleichsdaten bzw. auf Basis von kleinen Pilotstichproben Erkenntnisse über die Zahl der Haltestellenereignisse ohne Fahrrad-ein- und ausstiege zu erhalten und diese in der Planung für die Vergleichszählung zu berücksichtigen.

Beispiel zur Stichprobenplanung

Bei Verwendung der nachstehenden Kenngrößen in Formel (3) mit

α:	**5 % bzw. 0,05**
β:	5 % bzw. 0,05
v:	0,5
Δ:	0,2
$z_{\left(1-\frac{\alpha}{2}\right)}$:	1,96
$z_{\left(1-\frac{\beta}{2}\right)}$:	1,96

ergibt sich auf dieser mathematisch-statistischen Grundlage die Größe der Stichprobe von n = 94 Haltestellentürereignissen.

17.4.3 Vorgaben für die Durchführung der manuellen Vergleichszählungen

17.4.3.1 Allgemeine Anforderungen

Grundsätzlich sollten vor der Durchführung einer Vergleichszählung folgende Voraussetzungen erfüllt sein:

a) Seitens des AFZS-Lieferanten wurde erklärt, dass die AFZS technisch fehlerfrei funktionieren und

b) die geforderte Zählgenauigkeit hergestellt wurde.

Die manuellen Vergleichszählungen sind so zu planen, dass die Vergleichszählung gleichverteilt über den Erhebungszeitraum erfolgt und die Linien nach

- der Struktur der Verkehrsmenge,
- dem Verkehrsablauf sowie
- besonderen betrieblich-technischen Bedingungen

in der Vergleichszählung abgebildet werden. Hier sind auch Besonderheiten wie möglicher Pulkeinstieg bei Schülerverkehren oder andere typische Situationen zu berücksichtigen.

Die Erfassung der manuellen Referenzdaten hat während der Fahrt in den Fahrzeugen manuell oder mittels Videotechnik mit anschließender manueller Auszählung im Vier-Augen-Prinzip stattzufinden. Bei Erfassung der manuellen Referenzdaten mittels Videotechnik gelten die Anforderungen gemäß Anlage X „Prozessbeschreibung und Anforderungen und zu liefernde Daten für Videobasierte Vergleichszählungen zur Testierung von AFZS“.

17.4.3.1.1 Anforderungen an die Einteilung der Zähler

Die Zähler sind so einzuteilen, dass je Erfassungsraum und Zählabschnitt eine lückenlose und fehlerfreie Erfassung der Belegung möglich ist, um die Ergebnisse der manuellen Vergleichszählungen exakt und revisionssicher ermitteln zu können.

Um diesen Anspruch zu erfüllen, müssen immer zwei Zähler pro Erfassungsraum eingesetzt werden. Dabei soll eine getrennte Erfassung von Personen und Sachen (hier Fahrräder), erfolgen.

17.4.3.1.2 Anforderungen an die manuell zu erfassenden Zähldaten

Es ist sicherzustellen, dass im Ergebnis der manuellen Vergleichszählungen vollständige, konsistente, fehlerfreie, nachvollziehbare, manipulationsfreie und revisionssichere manuelle Zähldaten vorliegen.

Hierzu sind während der manuellen Vergleichszählungen mindestens die nachfolgend aufgeführten Informationen in den Zählunterlagen zu erfassen und an den Auftraggeber zu übergeben:

- Haltestellenabfolge mit Ankunfts- und Abfahrtszeit,
- Fahrradeinstiege als auch für die Fahrradausstiege pro Tür und Haltestelle,
- Einsteiger je Fahrradeinstieg und Aussteiger je Fahrradaustieg pro Tür und Haltestelle,
- Besonderheit E/A („Wiedereinsteiger“ und „Wiederaussteiger“ an der gleichen Haltestelle (E/A) – als Teilmenge der Ein- und Aussteiger,
- Aussagen zu Sonderfällen,
  - Fahrtbezogene Bemerkungen (verfrühte Abfahrt, Freitextfeld für besondere Vorkommnisse),
  - Haltestellenbezogene Bemerkungen (Pulkeinstieg, Pulkausstieg, stockender Einstieg, stockender Ausstieg, sonstiges Verweilen unter dem Sensor, Verspätung > 15 Minuten),
  - Besetzung vor Beginn und nach Ende der Fahrt,
  - Bemerkungsfeld, in dem erfasst wird, ob der Zähler zwischen den Fahrten das Fahrzeug verlassen hat,
  - Name des Zählers/personalisiertes Einloggen.

Hinweis: Die Erfassung der Fahrrad Ein- und Ausstiege je HTE und der dazu gehörenden Personen Ein- und Ausstiege je HTE erfolgt als Prüfgröße mit der Konsequenz, dass Datensätze für Fahrradein- und Ausstiege ohne Personen zu eliminieren sind.

Die Zählunterlagen sind vor Beginn der Vergleichszählung durch den Auftragnehmer mit dem Auftragnehmer abzustimmen.

18 Anlage 7: Regelkatalog Prüfung und Testierung Messgenauigkeit Echtzeitbesetzungen

18.1 Definition des Anwendungs- und Untersuchungsfeldes

Die Regelungen zur Messgenauigkeit für Echtzeit-Besetzung basieren auf dem durch typische Anwendungsfälle gemäß **Tabelle 12** belegten praktischen und mathematisch-statistischen Anspruch, für die Besetzung von

- laufenden Fahrten
- auf deren einzelnen Fahrtabschnitten
- getrennt nach Fahrzeugen
- oder sogar getrennt für einzeln bewertbare Fahrzeugbereiche

statistisch gesicherte Werte zur Echtzeitbesetzung zu erhalten.

Anwendungsfall	Ziel	Zielsystem
Abschätzung des Kapazitätsbedarfs für kurzfristigen Busnotverkehr	Bestimmung der im Busnotverkehr notwendigen Beförderungskapazität aus der letzten Besetzung abgebrochener Zugfahrten (Streckensperrung, Fahrzeugschäden)	Leitstellen
Kapazitätsbasiertes Fahrgast-Routing	Berücksichtigung von Besetzungsdaten und Auslastungsdaten in Routing-Algorithmen zur Lenkung von Fahrgästen hin zu schwach besetzten alternativen Fahrten, Fahrwegen oder Reiseketten	Apps und Websites zur Reisekettenplanung
Fahrgastlenkung am Bahnsteig (1)	Lenkung der einsteigewilligen Fahrgäste hin zu schwach besetzten Zugteilen	Fahrgastinformation am Bahnsteig
Fahrgastlenkung am (Bahn-) Steig (2)	Lenkung der einsteigewilligen Fahrgäste hin zu schwach besetzten Folgefahrten mit gleicher Fahrtrichtung	Fahrgastinformation am (Bahn-) Steig
Fahrgastlenkung innerhalb eines Fahrzeugs	Lenkung bereits eingestiegener Fahrgäste hin zu schwach besetzten Fahrzeugbereichen	Fahrgastinformation in Fahrzeugen
Management von Sondersituationen oder Notfällen	Übersicht zur Besetzung der laufenden Verkehre zur Aussteuerung von Sondersituationen (z.B. Großereignissen) oder Notfällen (Evakuierungsmaßnahmen, Rettungsmaßnahmen)	Leitstellen

Tabelle [12] Anwendungsfälle Echtzeit-Besetzung (Beispiele)

Aus diesen spezifischen Anwendungsfällen, die sich von den Anwendungsfällen EAV signifikant unterscheiden, ergab sich die Erforderlichkeit, für die Echtzeit-Besetzung eigene spezifische Kriterien zum Genauigkeitsnachweis zu formulieren. Dabei wird dennoch das Ziel verfolgt, den

Messgenauigkeitsnachweis für den Anwendungsfall der Echtzeit-Besetzung im Einklang mit den bereits etablierten Kriterien für die Personenzählung zu formulieren.

Die Kriterien zur Echtzeit-Besetzung beziehen sich direkt auf die Messgröße der Besetzung und setzen nicht zwingend eine Erfassung der einzelnen Fahrgastwechselvorgänge mit „klassischen“ türbezogenen AFZS voraus. Die Kriterien zur Echtzeit-Besetzung können daher unabhängig von den vom jeweiligen Hersteller eingesetzten technischen Verfahren der Besetzungsermittlung angewandt werden.

Die kleinste Messeinheit wird als “Zählbereichsfahrtabschnitt” (ZBFA) bezeichnet. Damit wird ausgedrückt, dass der Besetzungswert im Allgemeinen für einen “Zählbereich” als Teilbereich des Fahrzeugs oder des Fahrzeugverbands ermittelt wird sowie wiederholt für die “Fahrtabschnitte” einer Fahrt. Zählbereiche können einzelne Wagen eines Wagenzugs sein, aber auch anderweitig unterscheidbare Bereiche (Oberdeck versus Unterdeck, vorderer Zugteil versus hinterer Zugteil, Klasse 1 versus Klasse 2). Fahrtabschnitte beginnen jeweils mit Abfahrt von einem Halt. Wenn während der Fahrt kein Betreten oder Verlassen des Zählbereichs möglich ist, beginnt der nächste Fahrtabschnitt mit Abfahrt vom nächsten Halt und berücksichtigt die Besetzungsänderung während der dazwischenliegenden Haltephase. Wenn hingegen auch während der Fahrt ein Fahrgastwechsel zwischen den Zählbereichen möglich ist, dann wird die Ankunft am nächsten Halt als Ende des Fahrtabschnitts gewertet, und die dann beginnende Haltephase als eigener „Fahrtabschnitt“. Mit ZBFA im Sinne der Vergleichszählungsstichprobe kann also wie im zweiten genannten Fall auch eine Zählphase während der Haltephase der Fahrt gemeint sein.

Als führendes Prüfkriterium wird der (vorzeichenlose) “mittlere absolute Fehler” (Englisch “mean absolute error” bzw. “MAE”) eingeführt, um den Abstand zwischen den automatisch erfassten und den wahren Besetzungswerten zu bewerten. Die Normierung erfolgt dabei als Prozentwert, im Regelfall bezogen auf die mittlere Besetzung aller bewerteten ZBFA.

Die statistische Absicherung der Prüfungen erfolgt über den Äquivalenztest und eine darauf ausgerichtete Planung des Mindeststichprobenumfangs.

18.2 Prüfkriterien zur Messgenauigkeit

Neben dem Kriterium zum mittleren Abstand (MAE) als führendes Kriterium für den Anwendungsfall der Echtzeit-Besetzung muss auch hier analog zu den auf Einsteiger und Aussteiger bezogenen Kriterien des Anwendungsfalls EAV eine Bewertung der Verzerrung (ME) und eine Kontrolle der Ausreißer erfolgen. Allerdings implizieren nach diesen Kriterien zugelassene AFZS keine Zulassung für den Anwendungsfall EAV. Hier gelten unverändert die Regelungen gemäß Anlage 2 „Regelkatalog zur Prüfung und Testierung der Messgenauigkeit für Personenzählungen“.

Folgende Kriterien werden für den Anwendungsfall der Echtzeit-Besetzung definiert:

c) Mittlerer Abstand der automatisch erfassten Besetzungswerte von den wahren Besetzungswerten als vorzeichenloser mittlerer absoluter Fehler (MAE) mit einer statistisch garantierten Einhaltung eines Abstands von höchstens 20 % durch Anwendung des Äquivalenztests auf den MAE.

d) Mittlere Verzerrung der automatisch erfassten Besetzungswerte gegenüber den wahren Besetzungswerten als vorzeichenbehafteter mittlerer Fehler (ME) mit einer statistisch garantierten Einhaltung einer Verzerrung von höchstens + 15 % und nicht unter – 15 % durch Anwendung des Äquivalenztests auf den ME.

d) Ausreißerkontrolle als Anzahl der automatisch erfassten Besetzungswerte, die gegenüber den wahren Besetzungswerten nicht übermäßig stark abweichen mit der Einhaltung eines maximalen Anteils von 10 % der ZBFA, deren vorzeichenloser Abstand vom wahren Wert gleichzeitig mehr als 10 Personen und mehr als 20 % beträgt. Diese Prüfung wird auf den vorhandenen Werten der Vergleichszählungsstichprobe durchgeführt, das heißt ohne Überwachung der statistischen Sicherheit auf Basis des Äquivalenztests.

Die Berechnungsgrundlagen zu den vorgenannten Prüfkriterien sowie Empfehlungen zu den Wertebereichen sind in **Kapitel 15.6** enthalten.

18.3 Stichprobenplanung

Die Stichprobenplanung wird analog zu dem in der VDV-Schrift 457 2.1 Anlage 2, Punkt 13.1.1 beschriebenen Verfahren angewandt. Für die Anwendung auf die Echtzeit-Besetzung erfolgen lediglich Anpassungen an die gewählten Zulassungsbereiche und erwarteten Fehleranteile nach den im Kapitel 2 genannten Prüfkriterien sowie der Bezug auf die einseitige Äquivalenztest-Variante für das Fehlermaß MAE.

Die Stichprobenplanung ist für die Kenngrößen der Kriterien MAE und ME getrennt durchzuführen. Dabei ist dann der größere Wert der jeweils errechneten Mindeststichprobengrößen für MAE und für ME zu verwenden.

Die Berechnungsgrundlagen zu den vorgenannten Prüfkriterien sowie Empfehlungen zu den Wertebereichen sind in **Kapitel 15.6** enthalten.

18.4 Weitere Randbedingungen

18.4.1 Technische Hinweise

Während bisherige Anwendungen (EAV) auf „klassische“ türbezogene AFZS zur Erfassung der einzelnen Fahrgastwechselvorgänge abstellten, werden für ergänzende oder autarke Systeme

zur Besetzungsermittlung möglichst wenig einschränkende Vorgaben gemacht. So können zum Beispiel auch Videosysteme um eine Funktionalität zur Ableitung der Besetzung aus Bilddaten des Fahrzeuginnenraums erweitert werden.

Eine notwendige Vorgabe ist jedoch, dass das System unabhängig von nicht-automatisierten Bedienhandlungen zu gestalten ist. Damit muss auch die Genauigkeit des Systems von solchen Bedienhandlungen unabhängig sein, um im alltäglichen Einsatz sicherzustellen, dass das System dauerhaft die geforderte Genauigkeit erfüllt. Dieser Aspekt muss bei der Systemabnahme berücksichtigt werden. (Nicht-automatisierte Bedienhandlungen wären zum Beispiel situationsbezogene Neu-Kalibrierung des Systems durch einen manuellen Eingriff des Zugbegleiters.)

In der folgenden **Tabelle 13** werden Hinweise zur typischen Funktionsweise und Fehlerbereinigung für zwei Realisierungsvarianten der Besetzungsermittlung gegenübergestellt:

	Türbezogene Erfassung der Fahrgastwechselvorgänge	Bilddatenauswertung Fahrzeuginnenraum
Ermittlung der Besetzung	Saldierung von Ein- und Aussteigern, ausgehend von einem Startpunkt.	Direkte Messung / Zählung
Startpunkt der Besetzungsermittlung	Saldierung der Fahrgastwechselvorgänge beginnend mit dem Start des AFZS an einem Betriebstag. Ende der Saldierung mit Beenden des AFZS, je nach Abschaltzeitpunkt am Betriebstagsende oder später.	Jede Messung / Zählung liefert ein direkt verwertbares Ergebnis ab dem Start des AFZS. Keine Saldierung notwendig.
Zulässige Verfahren zur systeminternen Fehlerbereinigung	Nur automatisierte und regelbasierte Verfahren, um etwa kumulierte Saldierungsfehler zu bereinigen. Beispiele: • Verhindern negativer Besetzungswerte • Automatisierte Erkennung eines Zugnummernwechsels oder einer Abstellsituation • Kopplung mit automatischer Bilddatenauswertung des Fahrzeuginnenraums	Keine Korrektur von kumulierten Saldierungsfehlern notwendig.

Verteilung der Funktionalitäten	Keine Vorgaben: Die Besetzungsermittlung kann im Fahrzeug oder im Hintergrundsystem erfolgen.	Keine Vorgaben

Tabelle [13] Technische Hinweise zur alternativen Besetzungsermittlung

18.4.2 Mehrfache Besetzungszählungen auf einem Fahrtabschnitt

Abhängig vom technischen Verfahren zur Besetzungsermittlung liegen typischerweise

- je ZBFA ein Besetzungswert vor, wenn nach Abfahrt vom Halt kein Fahrgastwechsel zwischen den Zählbereichen möglich ist, oder
- je ZBFA gegebenenfalls mehr als ein Besetzungswert vor, falls die Zählbereiche während der Fahrt betreten und verlassen werden können.

Für die Vergleichszählungsstichprobe zum Genauigkeitsnachweis ist das so zu berücksichtigen, dass

- in beiden Fällen der zu Beginn eines Fahrtabschnitts bei Abfahrt vom Halt ermittelte Besetzungswert in die Stichprobe übernommen wird, und
- im zweiten Fall zusätzlich der am Ende eines Fahrtabschnitts bei Ankunft am Halt ermittelte Besetzungswert in die Stichprobe übernommen wird.

Hinweis:
Auch wenn das technische System häufiger als zu den beschriebenen Situationen zu Beginn und am Ende eines Fahrtabschnitts Besetzungswerte erzeugt, muss sich die Vergleichszählungsstichprobe auf die genannten Situationen beschränken. Dieser Vorgabe liegt die Annahme zugrunde, dass die nachzuweisende Zählgenauigkeit zu eventuellen weiteren Erfassungszeitpunkten nicht systematisch anders sein wird, weil das beschriebene Verfahren die Zählphasen sowohl am Halt als auch während der Fahrt (im zweiten oben beschriebenen Fall) berücksichtigt und somit die Zählgenauigkeit des Systems korrekt abgebildet wird.

18.4.3 Echtzeit-Besetzung versus Besetztgrad

Die Fehlermaße zur Echtzeitbesetzung werden als Prozentwerte ausgedrückt und im Regelfall auf die mittlere Besetzung über alle ZBFA normiert.

Abweichend von diesem Regelfall auf Basis der Bezugsgröße mittlere Besetzung, die als universelles Maß gilt, kann die alternative Normierung auf die Bezugsgröße mittleres Platzangebot erfolgen, wenn

die Daten im Sinne eines Besetztgrades verwendet werden sollen, die Bezugsgröße mittleres Platzangebot eindeutig und nachweisfähig definiert ist und die Ermittlung des Besetztgrades explizit als Abnahmekriterium vom Auftraggeber vorgegeben wird.

18.5 Durchführung von Vergleichszählungen

Für Vergleichszählungen sind Lösungen zu bevorzugen, die mit der Aufzeichnung von Bilddaten eine auch im Nachhinein wiederholt prüfbare Referenzdatenbasis schaffen. Neben datenschutzrechtlichen Aspekten ist jedoch zu prüfen, ob die Zugriffsmöglichkeit auf vorhandenen Bilddatenquellen (zum Beispiel Kameras zur Innenraumüberwachung oder türbezogene Sensorbilddaten) besteht oder temporär speziell für die Vergleichszählung vorgesehener Bilddatengeber installiert werden können.

Je nach Verfahren der Referenzdatengewinnung sind weiterhin zu beachten:

Bei einer Aufzeichnung von Bilddaten des Innenraums:

- Vollständige Abdeckung der Zählbereiche durch eine oder mehrere Innenraumkameras
- Bei mehreren Innenraumkameras: Verhindern von Mehrfachzählungen in Überlappungsbereichen und Beachtung der zeitlichen Synchronität

Bei einer Aufzeichnung von Bilddaten an den Zugängen der Zählbereiche (Außentüren und / oder Durchgängen im Fahrzeuginneren):

- Bestimmung einer Startbesetzung als Aufsatzpunkt für die Saldierung

- Vollständige Auswertbarkeit der Bilddaten aller Zugänge zu allen Zeitpunkten der Auswertungskette, um die Besetzung durch Saldierung ableiten zu können

Bei einer manuellen Besetzungsbestimmung im Fahrzeug:

- Bei Zählbereichen, die während der Fahrt betreten oder verlassen werden können, können von den Zugängen aus jeweils Zählpersonen aufeinander zugehen und am Treffpunkt die jeweils gezählten Teilergebnisse zur Addition notieren

- Generell ist bei diesen Zählbereichen auf die zeitliche Gleichheit der Auswertezeitpunkte zwischen automatischem System und Referenzzählung zu achten (betrifft alle Datengewinnungsverfahren)

Ebenfalls generell sind mögliche Unsicherheiten der Zählungen zu beachten, die bei der Referenzzählung entstehen können und nicht zum Nachteil des zu bewertenden automatischen Systems führen sollten.

Ein Beispiel dafür ist die Toilettennutzung, also Personen, die gegebenenfalls vorübergehend in den Zählbereichen nicht sichtbar sind.

18.6 Berechnung der Prüfkriterien und der Stichprobe

18.6.1 Mittlerer Abstand als vorzeichenloser mittlerer absoluter Fehler (MAE)

Der mittlere Abstand der automatisch erfassten Besetzungswerte von den wahren Besetzungswerten wird als vorzeichenloser mittlerer absoluter Fehler (MAE) berechnet:

$$MAE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} abs_err_i \qquad \text{mit} \qquad abs_err_i = \left|x_{mess,i} - x_{wahr,i}\right|$$

Der mittlere Abstand wird normiert auf den mittleren Besetzungswert aller Messungen ($\bar{x}$). Das Ergebnis MAE_{norm} hat den Wertebereich [0 .. 1] und kann damit als Prozentwert interpretiert werden:

$$MAE_{norm} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} abs_err_{norm,i} \qquad \text{mit} \qquad abs_err_{norm,i} = \frac{abs_err_i}{\bar{x}}$$

$$\text{und} \quad \bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_{wahr,i}$$

Für die Anwendung des Äquivalenztests wird weiterhin noch die Standardabweichung ($\hat{v}_{MAE}$) der normierten Fehleranteile ($abs_err_{norm,i}$) benötigt. Diese wird wie folgt berechnet:

$$\hat{v}_{MAE} = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}\left(abs_err_{norm,i} - MAE_{norm}\right)^2}$$

Hinweis: In MS Excel kann diese Standardabweichung der $abs_err_{norm,i}$ mit der Formel „STABW.S“ errechnet werden.

Erläuterung der verwendeten Größen:

Größe	Beschreibung
MAE	Mittlerer absoluter Fehler, zu interpretieren als mittlerer Abstand
MAE_{norm}	Normierter mittlerer absoluter Fehler. Im Regelfall erfolgt die Normierung auf die mittlere Besetzung.
n	Fallzahl der Vergleichszählungsstichprobe
$x_{mess,i}$	Der vom zu zertifizierenden System gemessene Besetzungswert für einen ZBFA
$x_{wahr,i}$	Der tatsächliche Besetzungswert für den ZBFA als wahrer Referenzwert
abs_err_i	Vorzeichenloser Absolutwert des Fehlers für einen ZBFA
$abs_err_{norm,i}$	Normierter Fehlerwert für einen ZBFA, hier normiert auf die mittlere Besetzung $\bar{x}$ (Regelfall). Alternativ ist eine Normierung auf das Fassungsvermögen des Zählbereichs möglich. Bei der Berechnung der $abs_err_{norm,i}$ muss in diesem Fall nicht durch die mittlere Besetzung $\bar{x}$, sondern durch das festgelegte Fassungsvermögen des Zählbereichs geteilt werden.
$\bar{x}$	Mittlere Besetzung über alle ZBFA der Stichprobe, ermittelt aus den Referenzwerten

Tabelle [14] Verwendete Größen für die Berechnung des mittleren Abstands als MAE

18.6.2 Mittlere Verzerrung als vorzeichenbehafteter mittlerer Fehler (ME)

Die mittlere Verzerrung der automatisch erfassten Besetzungswerte gegenüber den wahren Besetzungswerten wird als vorzeichenbehafteter mittlerer Fehler (ME) berechnet:

$$ME = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} err_i \qquad \text{mit} \qquad err_i = x_{mess,i} - x_{wahr,i}$$

Der mittlere Fehler wird ebenfalls normiert auf den mittleren Besetzungswert aller Messungen ($\bar{x}$). Das Ergebnis ME_{norm} hat den Wertebereich [-1 … +1] und kann damit als Prozentwert interpretiert werden:

mit

$$err_{norm,i} = \frac{err_i}{\bar{x}}$$

$$ME_{norm} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} err_{norm,i}$$

und $\bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_{wahr,i}$

Für die Anwendung des Äquivalenztests wird auch hier noch die Standardabweichung ($\hat{v}_{ME}$) der normierten Fehleranteile ($err_{norm,i}$) dieses Fehlermaßes benötigt. Diese wird wie folgt berechnet:

$$\hat{v}_{ME} = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}\left(err_{norm,i} - ME_{norm}\right)^2}$$

Hinweis: In MS Excel kann diese Standardabweichung der $err_{norm,i}$ mit der Formel „STABW.S“ errechnet werden.

Erläuterung der verwendeten Größen:

Größe	Beschreibung
ME	Mittlerer Fehler, zu interpretieren als mittlere Verzerrung
ME_{norm}	Normierter mittlerer Fehler. Im Regelfall erfolgt die Normierung auf die mittlere Besetzung.
n	Fallzahl der Vergleichszählungsstichprobe
$x_{mess,i}$	Der vom zu zertifizierenden System gemessene Besetzungswert für einen ZBFA
$x_{wahr,i}$	Der tatsächliche Besetzungswert für den ZBFA als wahrer Referenzwert
err_i	Vorzeichenbehafteter Fehler für einen ZBFA
$err_{norm,i}$	Normierter Fehlerwert für einen ZBFA, hier normiert auf die mittlere Besetzung $\bar{x}$ (Regelfall). Alternativ ist eine Normierung auf das Fassungsvermögen des Zählbereichs möglich. Bei der Berechnung der $err_{norm,i}$ muss in diesem Fall nicht durch die mittlere Besetzung $\bar{x}$, sondern durch das festgelegte Fassungsvermögen des Zählbereichs geteilt werden.
$\bar{x}$	Mittlere Besetzung über alle ZBFA der Stichprobe, ermittelt aus den Referenzwerten

Tabelle [15] Verwendete Größen für die Berechnung der mittleren Verzerrung als ME

18.6.3 Anwendung des Äquivalenztests

Der Äquivalenztest wird analog zu dem in der VDV-Schrift 457 2.1 beschriebenen Anwendungsfall der Erlösaufteilung angewandt. Dabei werden lediglich die Kenngrößen der Stichprobe auf die hier verwendeten Fehlermaße MAE und ME bezogen. Für das vorzeichenlose Fehlermaß MAE wird zudem der Äquivalenztest als einseitige Variante durchgeführt, weil das Fehlermaß nie negativ werden kann.
Für das Kriterium zum mittleren Abstand als MAE lautet die Äquivalenztest-Bedingung daher:

$$\left|\overline{D} + z_{1-\alpha} \cdot \frac{\hat{v}}{\sqrt{n}}\right| \leq \Delta$$

mit $\overline{D} = MAE_{norm}$ und $\hat{v} = \hat{v}_{MAE}$

also

$$MAE_{norm} + z_{1-\alpha} \cdot \frac{\hat{v}_{MAE}}{\sqrt{n}} \leq \Delta$$

Erläuterung der verwendeten Größen:

Größe	Beschreibung	Zu verwendender Wert
$\overline{D}$	Das aus der Stichprobe errechnete Fehlermaß. Hier also der normierte mittlere absolute Fehler	Wird aus der Stichprobe errechnet, siehe Formel für MAE_{norm}
Δ	Zulassungsbereich des Äquivalenztests	Für MAE 20 % = 0,20 maximal tolerierter mittlerer Abstand
$\hat{v}$	Die in der Stichprobe aufgetretene Standardabweichung der normierten Fehleranteile des Fehlermaßes	Wird aus der Stichprobe errechnet, siehe Formel für $\hat{v}_{MAE}$
n	Fallzahl	Die in der Stichprobe enthaltene Anzahl der ZBFA
α	Anwenderrisiko (bzw. Prüferrisiko)	5 % = 0,05
$z_{1-\alpha}$		1,645 (oder Verwendung MS-Excel-Funktion „NORM.S.INV(0,95)“)

Tabelle [16] Verwendete Größen für die Anwendung des Äquivalenztests für den mittleren Abstand

Für das Kriterium zur mittleren Verzerrung als ME lautet die Äquivalenztest-Bedingung dann:

$$\left|\overline{D} \pm z_{1-\frac{\alpha}{2}} \cdot \frac{\hat{v}}{\sqrt{n}}\right| \leq \Delta \qquad \text{mit} \qquad \overline{D} = ME_{norm} \quad \text{und} \quad \hat{v} = \hat{v}_{ME}$$

also

$$\left|ME_{norm} \pm z_{1-\frac{\alpha}{2}} \cdot \frac{\hat{v}_{ME}}{\sqrt{n}}\right| \leq \Delta$$

Erläuterung der verwendeten Größen:

Größe	Beschreibung	Zu verwendender Wert
$\overline{D}$	Das aus der Stichprobe errechnete Fehlermaß. Hier also der normierte mittlere Fehler	Wird aus der Stichprobe errechnet, siehe Formel für ME_{norm}

Δ	Zulassungsbereich des Äquivalenztests	Für ME 15 % = 0,15 maximal tolerierte mittlere Verzerrung
$\hat{v}$	Die in der Stichprobe aufgetretene Standardabweichung der normierten Fehleranteile des Fehlermaßes	Wird aus der Stichprobe errechnet, siehe Formel für $\hat{v}_{ME}$
n	Fallzahl	Die in der Stichprobe enthaltene Anzahl der ZBFA
α	Anwenderrisiko (bzw. Prüferrisiko)	5 % = 0,05
$z_{1-\frac{\alpha}{2}}$		1,960 (oder Verwendung MS-Excel-Funktion „NORM.S.INV(0,975)“)

Tabelle [17] Verwendete Größen für die Anwendung des Äquivalenztests für die mittlere Verzerrung

18.6.4 Ausreißerkontrolle

Für die Ausreißerkontrolle werden diejenigen ZBFA ermittelt, deren Abstand vom wahren Wert mehr als 10 Personen und mehr als 20 % beträgt:

$$abs_err_i > 10 \; und \; \frac{abs_err_i}{x_{wahr,i}} \cdot 100\% > 20\% \qquad \text{mit} \qquad abs_err_i = \left| x_{mess,i} - x_{wahr,i} \right|$$

Der Anteil dieser ZBFA an der in der Vergleichszählungsstichprobe vorhandenen Anzahl von n Zählbereichsfahrtabschnitten darf nicht mehr als 10 % betragen.

Hinweis:
Diese Prüfung wird ohne statistische Kontrolle (z.B. Äquivalenztest) durchgeführt und bezieht sich auf alle in der Vergleichszählung bekannten Daten.

Erläuterung der verwendeten Größen:

Größe	Beschreibung
n	Fallzahl der Vergleichszählungsstichprobe
$x_{mess,i}$	Der vom zu zertifizierenden System gemessene Besetzungswert für einen ZBFA
$x_{wahr,i}$	Der tatsächliche Besetzungswert für den ZBFA als wahrer Referenzwert
abs_err_i	Vorzeichenloser Absolutwert des Fehlers für einen ZBFA

Tabelle [18] Verwendete Größen für die Ausreißerkontrolle

18.6.5 Berechnung der Stichprobe

Die Stichprobenplanung wird prinzipiell analog zu dem in der VDV-Schrift 457 2.1 beschriebenen Anwendungsfall EAV angewandt, inklusive der dort empfohlenen Erhöhung der Plan-Stichprobengröße um 15 % als Reserve gegen gegebenenfalls nicht verwertbare Stichprobenereignisse.

Für das Kriterium MAE gibt es eine Erweiterung:
Für das Kriterium MAE zum mittleren Abstand wird zusätzlich berücksichtigt, dass für das „ideale System“, auf das sich das Herstellerrisiko bezieht, nicht von einem erreichbaren Abstand von 0 % ausgegangen werden kann. Stattdessen muss von einem „realistisch idealen System“ ausgegangen werden, das einen mittleren Abstand von nicht unter 5 % erreichen kann. Dazu wird die Größe
$MAE_{norm,realistisch}$ eingeführt: Es soll daher die Stichprobe mindestens so groß sein, dass das Herstellerrisiko für ein solches „realistisch ideales“ System gilt.

$$n_{MAE} = \left(z_{1-\alpha} + z_{1-\beta}\right)^2 \frac{\nu_{MAE}^2}{\left(\Delta_{MAE} - \mathrm{MAE}_{norm,realistisch}\right)^2}$$

$$= (1{,}645 + 1{,}645)^2 \frac{0{,}3^2}{(0{,}20 - 0{,}10)^2} = 98 \quad (+15\%\ Reserve \approx 113)$$

und

$$n_{ME} = \left(z_{1-\frac{\alpha}{2}} + z_{1-\frac{\beta}{2}}\right)^2 \frac{\nu_{ME}^2}{(\Delta_{ME})^2}$$

$$= (1{,}960 + 1{,}960)^2 \frac{0{,}4^2}{(0{,}15)^2} = 110 \quad (+15\%\ Reserve \approx 126)$$

Als höherer Wert wird gewählt:

$n = 126$

Erläuterung der verwendeten Größen:

Größe	Beschreibung	Zu verwendender Wert
n_{MAE}	Mindeststichprobenumfang für Durchführung des Äquivalenztests für Kriterium MAE.	Wird errechnet.
n_{ME}	Mindeststichprobenumfang für Durchführung des Äquivalenztests für Kriterium ME.	Wird errechnet.
n	Mindeststichprobenumfang für Durchführung des Äquivalenztests.	Größerer Wert von n_{MAE} und n_{ME}.
Δ_{MAE}	Zulassungsbereich im Äquivalenztest für das Fehlermaß MAE	Für MAE 20 % = 0,20 maximal tolerierter mittlerer Abstand
Δ_{ME}	Zulassungsbereich im Äquivalenztest für das Fehlermaß ME	Für ME 15 % = 0,15 maximal tolerierte mittlere Verzerrung
$MAE_{norm,realistisch}$	Höhe des Fehlermaßes MAE für ein „realistisch ideales“ System, für das das Herstellerrisiko gelten soll.	10 % für ein realistisch ideales System
v_{MAE}	Die angenommene (vorab geschätzte) Standardabweichung in der Stichprobe gemäß der Formel für $\hat{v}_{MAE}$ (siehe Kapitel zum Äquivalenztest).	Schätzwert für MAE: 30 % = 0,3.
v_{ME}	Die angenommene (vorab geschätzte) Standardabweichung in der Stichprobe gemäß der Formel für $\hat{v}_{ME}$ (siehe Kapitel zum Äquivalenztest).	Schätzwert für ME: 40 % = 0,4.

Größe	Beschreibung	Zu verwendender Wert
α	Anwenderrisiko (bzw. Prüferrisiko)	5 % = 0,05
β	Herstellerrisiko	5 % = 0,05
$z_{1-\alpha}$, $z_{1-\beta}$		1,645 (oder Verwendung MS-Excel-Funktion „NORM.S.INV(0,95)“)
$z_{1-\frac{\alpha}{2}}$, $z_{1-\frac{\beta}{2}}$		1,960 (oder Verwendung MS-Excel-Funktion „NORM.S.INV(0,975)“)

Tabelle [19] Verwendete Größen für die Stichprobenplanung

19 Anlage 8: Videobasierte Vergleichszählungen

19.1 Einleitung

Für die Testierung Automatischer Fahrgastzählsysteme (AFZS) werden Vergleichszählungen durchgeführt. Hierzu werden die automatisch erfassten Daten des AFZS mit manuell gezählten Daten verglichen. Der Vergleich findet bei der videobasierten Vergleichszählung (VVZ) auf Basis von Haltestellentürereignissen (HTE) statt, wobei ein HTE ein Fahrgastwechsel an einer Tür eines Fahrzeuges an einer Haltestelle ist. Für die Testierung eines Systems ist eine bestimmte Anzahl an HTE notwendig. Eine Alternative zur VVZ ist die Vergleichszählung vor Ort (VZ), hier fährt das Zählpersonal in den zu testierenden AFZS-Fahrzeugen mit. Die Grundlage der VZ bilden auch HTE, wobei hierbei zwingend immer ganze Fahrten und alle Haltestellen erfasst werden.

Im folgenden Dokument wird der Prozess der Testierung der VVZ genauer beschrieben. Dies soll alle Beteiligten bei der Planung und Durchführung solcher Projekte unterstützen. Es werden Empfehlungen formuliert, die sich in der Vergangenheit als wirksam und angemessen erwiesen haben. Diese Empfehlungen beinhalten im Wesentlichen die genaue Beschreibung der Inhalte und Formate der AFZS- und Video/ Bild-Daten, sowie der Haltestellenbänder. Die Standardisierung von Verfahren, Daten und Datenformaten stellt eine wesentliche Grundlage, für die Verknüpfung der drei Daten-Module (Video-Daten, Haltestellenbänder und AFZS-Daten) und damit für die Testierung dar. Ausdrücklich als zulässig zu betrachten sind dabei bestehende Umsetzungen im Sinne dieser Empfehlungen, welche sich im Sinne einer Beschreibung und Rückfallebene für die Testierung AFZS mittels videobasierter Vergleichszählungen (VVZ) verstehen.

19.2 Beschreibung der Zertifizierung / zeitliche Abfolge

Im Folgenden sind die Schritte der Zertifizierung dargestellt, gefolgt von einer detaillierteren Beschreibung.

19.2.1 Übersicht Etappen der Zertifizierung

1. AFZS-Einbau und Tests des Herstellers
2. Abstimmung des Zeitplans mit dem Gutachter und dem Feldbüro der manuellen Zählung (FB)
3. Testdaten werden durch das Verkehrsunternehmen geliefert
4. Tests werden vom Gutachter und dem FB durchgeführt
5. Aufzeichnung in Fahrzeugen beginnt, falls Tests erfolgreich
6. Daten werden an das FB und den Gutachter geliefert
    a. AFZS-Daten
    b. HST-Bänder
    c. Video/ Bild-Daten
7. Datenaufbereitung durch das FB
8. Verknüpfung des HST-Band mit den Video/ Bild-Daten
9. Sichtung und Zählung der Video/ Bild-Daten

10. Plausibilisierung der Zähldaten
11. Datenaufbereitung für den Export
12. Manuelle Zähldaten werden vom FB an den Gutachter geliefert
13. Datenaufbereitung für Verknüpfung mit den AFZS-Daten durch den Gutachter
14. Verknüpfung der Zähldaten mit den AFZS-Daten
15. Abgleich der Daten und Berechnung der Ergebnisse
16. Erstellung des Testats und Übergabe an das Verkehrsunternehmen

19.2.2 Prozessbeschreibung

Für AFZ-Systeme im ÖPNV muss in aller Regel der Nachweis einer gewissen Zählgüte erbracht werden. Dieser Nachweis kann über eine videobasierte Vergleichszählung erfolgen. Nach der Montage der AFZ-Systeme werden diese auf das korrekte Funktionieren aller Basisfunktionen vom Hersteller geprüft. Diese Prüfung dauert normalerweise um die 30 Tage, falls keine Nachjustierungen erforderlich sind. In den meisten Fällen wird danach die Testierung durch einen Gutachter für den korrekten Einsatz im Zählbetrieb angestrebt.

Im Zuge der Beauftragung der Zertifizierung erfolgt meist die Abstimmung des Zeitplans[29] mit dem Gutachter und dem Feldbüro der manuellen Zählung (FB). Eine Trennung in diese beiden Instanzen ist erforderlich, um eine Unabhängigkeit der manuellen ermittelten Zähldaten von den automatisch erfassten Zähldaten zu gewährleisten.

Es wird empfohlen, dass vor der eigentlichen Testierung ein Testlauf durchgeführt wird. Für diesen werden Testdaten der drei Daten-Module benötigt. Diese sind durch das Verkehrsunternehmen bzw. durch den Systemintegrator bereitzustellen.

Der hierfür benötigte Datenumfang ist gering[30]. Die erforderlichen Testdaten müssen den später gelieferten Daten für die Testierung entsprechen, das heißt sie müssen die gleichen Informationen enthalten und diese müssen im gleichen Datenformat vorliegen. Vom Verkehrsunternehmen, welches die Testierung beauftragt, werden die AFZS-Daten und das Haltestellenband an den Gutachter sowie die Video/ Bild-Daten und das Haltestellenband an das FB geliefert. Damit wird der Testlauf durchgeführt, d.h. das FB verknüpft Video/ Bild-Daten und das Halstestellenband und führt damit die Zählung durch. Der Gutachter verknüpft diese Zähldaten mit den AFZS-Daten und führt den Vergleich und die Berechnungen durch. Die Möglichkeit einer eindeutigen Verknüpfung ist hier der zentrale Punkt, diese erfolgt durch die eindeutige Zuordnung der AFZS-Daten, der Haltestellenbänder und der Video/ Bild-Daten zu einem Fahrzeug, einem Datum, einer Zeit, einer Haltestelle und einer Tür. Die notwendigen Informationen werden folgend noch ausführlicher beschrieben.

Ein erfolgreicher Test ist die Voraussetzung für die eigentliche videobasierte Vergleichszählung. Es wird empfohlen die Aufzeichnung der für die Testierung notwendigen Datenmenge erst nach erfolgreichem Test zu starten. Der Stichprobenumfang der aufzuzeichnenden Daten (HTE) ist im Vorfeld mit dem Gutachter abzustimmen.

[29] Der Zeitplan beinhaltet die wichtigsten Aufsetzpunkte des gesamten Prozesses, die das Datum des Testates in Abhängigkeit der Datenlieferungen festlegen.

[30] Daten von einem Tag oder aber mindestens von einer Fahrt sollten genügen. Ein entsprechendes Programm zur Wiedergabe der Video/ Bild-Daten ist vom Verkehrsunternehmen oder vom Systemintegrator mitzuliefern.

Nach der Aufzeichnung der Daten werden diese, wie beim Testlauf, AFZS-Daten und Haltestellenband an den Gutachter sowie Video/ Bild-Daten und Haltestellenband an das FB geliefert. Im ersten Schritt werden die Video/ Bild-Daten ausgezählt. Dafür müssen die Daten in ein geeignetes Format aufbereitet werden. Wichtig an dieser Stelle ist, dass die meisten Video/ Bild-Daten kein gängiges Datei-Format haben und nur mit einem speziellen Programm zur Selektion und Sichtung (Player) wiedergegeben werden können. Dieser Player ist vom Verkehrsunternehmen mit an das FB zu liefern. Die Sichtung und Auszählung der Video/ Bild-Daten erfolgt zwei Mal durch zwei unterschiedliche Zähler des FB. Eine Plausibilisierung der Zähldaten ist durch einen Vergleich dieser beiden Zählvorgänge möglich. Bevor das FB die Daten an den Gutachter liefert, werden diese entsprechend aufbereitet.

Im zweiten Schritt werden durch den Gutachter die Zähldaten mit den AFZS-Daten verglichen und die Ergebnisse berechnet. Eine genaue und detaillierte Beschreibung der Vorgaben ist im Kapitel 13 der zu finden. Abschließend wird das Testat erstellt und dem Verkehrsunternehmen oder dem Auftraggeber zugestellt.

Übersicht des Zeitplans als Kurzfassung

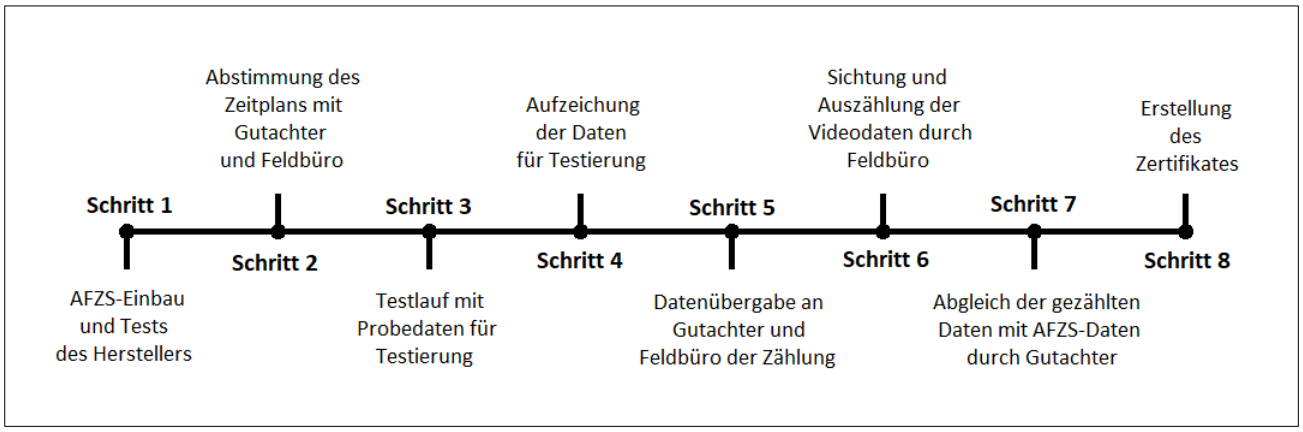


Abbildung 18: Übersicht der Testierung in Kurzfassung

19.3 Anforderungen an die videobasierte Vergleichszählung

Einen regulatorischen Rahmen zu diesem Thema bildet das Kapitel 13.3 „Vergleichszählung zur Testierung der Messgenauigkeit“.

19.4 Übersicht notwendige HTE-Informationen

Die folgende Tabelle zeigt eine Übersicht an Informationen der AFZS-Daten, des Haltestellenbandes (HST-Band) und der Video/ Bild-Daten (Video-Daten). Informationen, die unbedingt übereinstimmend in den gelieferten Daten enthalten sein müssen, sind in der entsprechenden Spalte mit ja markiert.

No.	Information	Var_Name	AFZS-Daten	HST-BAND	Video-Daten
1	Ankunftsdatum	Datum_An	ja	ja	ja
2	Abfahrtsdatum	Datum_Ab	ja	ja	ja
3	Ankunftszeit	Zeit_An	ja	ja	ja
4	Abfahrtszeit	Zeit_Ab	ja	ja	ja
5	Haltestellenname	HST_Name	ja	ja	ja
6	Haltestellencode	HST_Code	ja	ja	w.m.
7	Haltestellensortierung	HST_Sort	ja	ja	w.m.
8	Haltestelle für die Auswertung relevant	MUSS_GEZAEHLT_WERDEN	w.m.	ja	w.m.
9	Fahrtennummer	Fahrt_ID	ja	ja	w.m.
10	Fahrzeugnummer	Fahrzeugnummer	ja	ja	ja
11	Verkehrslinie	Linie	w.m.	w.m.	w.m.
12	Türnummer	Türnummer	ja	w.m.	ja
13	Name des Verkehrsunternehmens	VU_Name	w.m.	w.m.	w.m.
14	Zählwerte für Ein- und Aussteiger	Ein_P, Aus_P	ja	nein	nein
15	GPS-Koordinaten (ggf.)		w.m.	w.m.	w.m.

Tabelle [20] Übersicht der notwendigen Informationen.
„w.m.“ steht als Abkürzung für „wenn möglich“

19.5 HTE-Informationen, die für die VVZ benötigt werden

Das Haltestellentürereignis (HTE) bildet die kleinste zu bewertende Einheit der Stichprobe. Das HTE ist der Merkmalsträger für die zu bewertenden Ein- und Ausstiegsvorgänge. Jedem HTE können gewisse Metadaten eindeutig zugeordnet werden. Diese Metadaten sind die Grundlage für eine eindeutige Verknüpfung der Daten-Module.

Folgend seien diese Informationen beschrieben.

Ankunfts- und Abfahrtsdatum beschreiben eindeutig das Datum an dem das HTE beginnt und endet. Diese Informationen sind wichtig, um das HTE einem Tag zuordnen zu können. Für den größten Anteil der HTE sind Ankunfts- und Abfahrtsdatum gleich, doch die meisten Systeme liefern für Ankunft und Abfahrt einen vollständigen Datum-Zeit-Stempel. Von Belang ist dies, wenn während eines Halts das Datum zum nächsten Tag wechselt.

Die Ankunfts- und Abfahrtszeit ist ebenfalls ein wichtiges Zuordnungsmerkmal. Hierbei ist unbedingt auf eine Verknüpfbarkeit zu achten. Der Grund für unterschiedlichen Zeiten in den drei Daten-Modulen ist die Verwendung mehrerer Computersysteme in Fahrzeugen des ÖPNV, wobei jedes System eine eigene Zeit verwendet[31].

[31] Die drei Daten-Module, bei denen die Halstestellenlänge gleich ist, aber die Ankunfts- und Abfahrtszeit um einen Wert t linear verschoben ist, können durch eine Verschiebung der Zeitstempel verknüpft werden. Der Wert t muss hierfür in einem Intervall plus/minus 1 Minute liegen. Zum Beispiel: ist im HST-Band für die Haltestelle Hauptbahnhof die Ankunftszeit = 11:05:00 und die Abfahrtszeit = 11:05:30 und in den Video/ Bild-Daten die Ankunftszeit = 11:05:07 und die Abfahrtszeit = 11:05:37, so beträgt hier die Verschiebung 7 Sekunden und kann angepasst werden. Trotzdem ist eine solche Verschiebung unbedingt zu vermeiden. . Video/ Bild-Daten bzw. AFZS-Daten können das Format UTC (koordinierte Weltzeit; Englisch: Coordinated Universal Time) verwenden und das Hintergrundsystem, aus dem das HST-Band stammt, verwendet die Lokalzeit. Das ergibt eine Verschiebung um ein bzw. zwei Stunden (Sommer- bzw. Winterzeit). Dies ist beim Zusammenführen der Daten zu beachten.

Der Haltestellenname ist der meist vom Verkehrsunternehmen festgelegte Name für den Halteort des Fahrzeuges. Eine Verknüpfung über den Haltestellennamen ist nur durchführbar, wenn dieser in den drei Daten-Modulen gleich geschrieben wird. Dabei sind auch Abkürzungen oder ein Abschneiden des Namens möglich. Erfahrungsgemäß werden die HST-Namen in den 3 Datenmodulen regelmäßig unterschiedlich geschrieben, so dass eine Verknüpfung via HST-Name nicht zu empfehlen ist.

Der Haltestellencode ist eine Zahl mit einer eineindeutigen Verbindung zur Haltestelle und dem Haltestellennamen. In einem Liniennetz sollten alle Haltestellencodes eindeutig sein, ähnlich der Internen Bahnhofnummer (IBNR) oder der Deutschlandweit einheitlichen Haltestellen-ID (DHID).

Die Haltestellensortierung ist eine natürliche Zahl für jede Haltestelle, die mit 1 beginnend der Größe nach aufsteigend die Reihenfolge der angefahrenen Haltestellen angibt.

Haltestelle für die Auswertung relevant mit den Ausprägungen ja und nein gibt an, ob die Haltestelle oder der Halt des Fahrzeuges ausgewertet werden soll. Zum Beispiel können der Halt an Betriebshöfen oder Wendeschleifen so aus der Auswertung genommen werden.

Die Fahrtennummer ist die vom Verkehrsunternehmen für die Fahrt vergebene Nummer und sollte eindeutig sein. Hierfür kann z. B. die deutschlandweit eindeutige Fahrt- und Linien ID (DFID) herangezogen werden.

Ebenso die Fahrzeugnummer, diese wird vom Verkehrsunternehmen als eindeutige Kennung für die Fahrzeuge vergeben. Die Fahrzeugnummer kann nicht nur aus Ziffern, sondern auch aus Buchstaben zusammengesetzt werden.

Die Verkehrslinie ist die vom Verkehrsunternehmen vergebene Zahl, Buchstabe oder eine Kombination aus Beiden für die Bezeichnung der gefahrenen Route des Fahrzeuges.

Die Türnummer ist eine natürliche Zahl und wird meist beginnend mit 1 eineindeutig für jede Tür des Fahrzeuges vergeben.

Der Name des Verkehrsunternehmens ist meist eine Kurzform oder Abkürzung des vollständigen Unternehmensnamens.

Die Zählwerte für Ein- und Aussteiger sind natürliche Zahlen für Personen über 1,2 Meter, die selbstständig ein- oder aussteigen. Diese werden vom AFZ-System des Fahrzeuges automatisch gezählt und sind vom Verkehrsunternehmen nur an den Gutachter im Rahmen der AFZS-Daten zu liefern.

Die GPS-Koordinaten[32] sind die geographischen Koordinaten der Haltestelle bzw. des Haltes falls diese vorhanden sind, mit den drei Daten-Modulen mitzuliefern.

[32] GPS steht für englisch „Global Positioning System“.

19.6 Testlauf / Testdaten

19.6.1 Verknüpfung Video/ Bild-Daten und HST-Band

- Es sind Beispieldaten vom Verkehrsunternehmen oder Systemintegrator zu liefern.
- Mit diesen Testdaten erfolgt eine Prüfung durch das FB, ob eine Zuordnung von HST-Band und Video/ Bild-Daten via Zeitstempel möglich ist und ob dies eine standardisierte Sichtung und Auszählung der Video/ Bild-Daten zulässt. Das HST-Band und die Video-Sequenzen müssen eineindeutig einem Halt zuzuordnen sein. Wenn für die Video/ Bild-Daten und Haltestellendaten Geokoordinaten vorliegen, kann die Verknüpfung alternativ auch via Geokoordinaten erfolgen.
- Ein erfolgreicher Test ist Voraussetzung für den Beginn der eigentlichen Sichtung und Auszählung der Video/ Bild-Daten des Projektes.

19.6.2 Verknüpfung AFZS-Daten mit manuellen Zähldaten

- Test der Verknüpfung der manuellen Zähldaten mit AFZS-Daten
- Zu den gelieferten HST-Bändern und Video/ Bild-Daten sind passende AFZS-Daten vom Verkehrsunternehmen oder dem Systemintegrator zu liefern.
    - AFZS-Daten, HST-Bänder und Video/ Bild-Daten müssen eineindeutig einer (physischen) Haltestelle zuordbar sein.
- Mit diesen Daten ist ein Test vom Gutachter zu absolvieren, der prüft, ob die Stamm-Daten eindeutig zuordenbar sind.
- Ein erfolgreicher Test ist Voraussetzung für den Beginn der eigentlichen Sichtung und Auszählung der Video/ Bild-Daten des Projektes und dem späteren Abgleich für das Testat.

19.7 Forderung Dateiformat Datenlieferung

19.7.1 Haltestellenbänder

- HST-Bänder sollen im .CSV-Format (UTF-8) geliefert werden (Deutsches Alphabet und Zahlen).
- Dateien der HST-Bänder sollten ganze Tage oder größere Einheiten, also mehrere Tage, beinhalten.
- Eine Anzahl von mehr als 10 Dateien je Tag an Dateien sollen nicht geliefert werden und können vom Gutachter oder dem FB abgelehnt werden. (Es soll vermieden werden, dass große Anzahlen an Dateien und Verzeichnissen mit HST-Band-Stücken geliefert werden, die vom Gutachter oder FB zusammengefügt werden müssen.)

19.7.2 Video/ Bild-Daten

- Der Dateityp der Video/ Bild-Daten ist unbedingt abzustimmen.

- Es wird ein spezielles Programm zur Selektion und Sichtung (Player) benötigt, welches die aufgezeichneten Video/ Bild-Daten abspielen kann. Diese Software muss dem FB durch das Verkehrsunternehmen kostenfrei zur Verfügung gestellt werden.
- Das FB benötigt Haltestelleninformationen (eindeutiger Haltestellen-Name oder eindeutiger Haltestellen-Code) zur aktuellen im Video dargestellten Haltestelle. Diese sollte idealerweise über eine Einblendung zum Videostream angezeigt werden. Zum Beispiel sind das die IBIS-Informationen aus dem Fahrzeug.
- Ordner der Video/ Bild-Daten, also Daten, die mit einem Ladevorgang in den Videoplayer geladen werden können, sollen ganze Tage oder größere Einheiten, also mehrere Tage, beinhalten. Eine Größe von 30 GB pro Ordner soll jedoch nicht überschritten werden.
- Zum Beispiel können in einem Ordner eine große Anzahl an Video/ Bild-Dateien enthalten sein, die mit einem Ladevorgang in den Player geladen werden. Es soll vermieden werden, dass große Anzahlen an Dateien und Verzeichnissen mit Video/ Bild-Daten geliefert werden, die vom FB zusammengefügt werden müssen.
- Es ist unbedingt zu vermeiden, dass die Informationen für die Ankunfts- und Abfahrtszeit des Fahrzeuges an einer Haltestelle in den Video/ Bild-Daten um mehr als 60 Sekunden von den Zeiten des HST-Bandes abweichen.
- Es können Player mit einer integrierten Funktion für die manuelle Zählung verwendet werden. Diese Player führen das Matching von Video/ Bild-Daten und HST-Bändern automatisiert durch. In diesem Fall ist es sehr wahrscheinlich, dass HST-Bänder in den Player importiert werden müssen. Das Format der zu importierenden HST-Bänder sollte mit dem Player kompatibel sein und kann vom CSV-Format abweichen. Das Export-Datei-Format der manuellen Zähldaten dieser Player mit integrierter Zählfunktion sollte .CSV (UTF-8) sein.

19.7.3 AFZS-Daten

- AFZS-Daten sollen im .CSV-Format (UTF-8) geliefert werden (Deutsches Alphabet und Zahlen).
- Dateien der AFZS-Daten sollten ganze Tage oder größere Einheiten, also mehrere Tage, beinhalten.
- Eine Anzahl von mehr als 10 Dateien je Tag an AFZS-Dateien sollen nicht geliefert werden und können vom Gutachter abgelehnt werden. (Es soll vermieden werden, dass große Anzahlen an Dateien und Verzeichnissen mit HST-Band-Stücken geliefert werden, die vom Gutachter oder dem FB zusammengefügt werden müssen.)
- Es ist unbedingt zu vermeiden, dass die Informationen für die Ankunfts- und Abfahrtszeit des Fahrzeuges an einer Haltestelle in den AFZS-Daten um mehr als 60 Sekunden von den Zeiten des HST-Bandes abweichen.

19.8 Checkliste für die Testierung

19.8.1 Checkliste für das Verkehrsunternehmen

Was?	check
AFZS sind im Fahrzeug verbaut und vom Hersteller / Systemintegrator getestet	☐
Die Peripherie für die Aufzeichunge von Video-/ Bild-Daten (Recorder) muss im Fahrzeug verbaut sein und vom Hersteller / Systemintegrator getestet sein	☐
Fahrzeuge für die Testierung werden ausgewählt	☐
Testlauf für die Testierung	☐
Zeitraum der Aufzeichnung für eine repräsentative Stichprobe wird mit dem Gutachter abgestimmt	☐
Fahrten für Aufzeichung werden geplant	☐
Vergleichbare Video/ Bild-Daten, AFZS-Daten und Haltestellenbänder werden aufgezeichnet - Hierzu müssen entsprechende Daten-Recorder im Fahrzeug installiert sein (z.B. UBS-Sticks) - Details sind mit den Geräteherstellern anzustimmen	☐
Daten-Recorder werden von den Fahrzeugen geholt	☐
Aufgezeichnete AFZS-Daten und Haltestellenbänder werden an den Gutachter geliefert	☐
Aufgezeichnete Video/ Bild-Daten und Haltestellenbänder werden an das Feldbüro der Auszählung geliefert	☐

→ Sichtung und Auszählung der Video/ Bild-Daten beginnt im FB

Tabelle [21] Checkliste für das Verkehrsunternehmen

19.8.2 Checkliste für das FB der Auszählung (nur zur Information)

Was?	check
Abstimmung des Zeitplans mit Verkehrsunternehmen/ Auftraggeber und Gutachter	☐
Zeitraum der Sichtung und Auszählung des Video/ Bild-Daten und Datenübergabe wird festgelegt	☐
Gelieferte Testdaten werden geprüft	☐
Testlauf für die Testierung	☐
Ergebnis des Tests wird mit Verkehrsunternehmen/ Auftraggeber und Gutachter abgesprochen	☐
Gelieferte Daten für Testierung werden geprüft und aufbereitet	☐
Sichtung und Zählung der Video/ Bild-Daten werden durchgeführt	☐
Zähldaten der manuellen Zählung werden an den Gutachter geliefert	☐

→ Verknüpfung der manuellen Zähldaten und der AFZS-Daten beim Gutachter beginnt

Tabelle [22] Checkliste für das Feldbüro der Auszählung

19.8.3 Checkliste für den Gutachter (nur zur Information)

Was?	check
Abstimmung des Zeitplans mit Verkehrsunternehmen/ Auftraggeber und FB	☐
Zeitraum für den Vergleich der manuellen Zähldaten mit AFZS-Daten und die Erstellung des Testats werden festgelegt	☐
Gelieferte Testdaten werden geprüft	☐
Testlauf für die Testierung	☐

Ergebnis des Tests wird mit Verkehrsunternehmen/ Auftraggeber und FB abgesprochen	☐
Vom Verkehrsunternehmen/ Auftraggeber gelieferte AFZS-Zähldaten werden geprüft und aufbereitet	☐
Vom FB gelieferte manuelle Zähldaten werden geprüft und aufbereitet	☐
Berechnungen werden durchgeführt	☐
Testat wird erstellt	☐

→ Übergabe des Testats an Verkehrsunternehmen/ Auftraggeber

→ Abschluss der Testierung

Tabelle [23] Checkliste für den Gutachter

19.9 Hinweise zu Datenformaten

- Ankunftsdatum des Fahrzeuges
  - Variable: Datum_An
  - Format: DD.MM.YYYY
- Abfahrtsdatum des Fahrzeuges
  - Variable: Datum_Ab
  - Format: DD.MM.YYYY
- Ankunftszeit des Fahrzeuges
  - Variable: Zeit_An
  - Format: hh:mm:ss
- Abfahrtszeit des Fahrzeuges
  - Variable: Zeit_Ab
  - Format: hh:mm:ss
- Haltestellenname
  - Variable: HST_Name
  - Format: Deutsches Alphabet plus 10 Ziffern (Name der Haltestelle ohne „exotische“ Sonderzeichen, also mit 26 Buchstaben plus ä, ö, ü, ß und Zahlen.). Diese sollten nicht abgeschnitten sein (oder nicht anders als in AFZS-Daten oder HST-Band).
- Haltestellencode
  - Variable: HST_Code
  - Format: Character
  - Beschreibung: Eindeutige Nummer für jede Haltestelle.
- Haltestellensortierung
  - Variable: HST_Sort
  - Format: Integer 16 Bit
  - Beschreibung: Eindeutige Zahl für jede Fahrt_ID, die der Größe nach aufsteigend die Reihenfolge der angefahrenen Haltestellen angibt.
- Haltestelle für die Auswertung relevant
  - Variable: MUSS_GEZAEHLT_WERDEN
  - Format: BOOLEAN (ja/nein oder 1/0)

    - Beschreibung: 0 = nein, 1 = ja; Die Information, die angibt, ob die Haltestelle für die Testierung relevant ist. Zum Beispiel sind üblicherweise Betriebshalte oder Aufenthalte des Fahrzeuges in der Abstellung nicht für die Testierung relevant und werden in diesem Feld mit einer 0 markiert.
- Fahrtennummer
    - Variable: Fahrt_ID
    - Format: Integer 32 Bit
    - Beschreibung: Für jede Fahrt des Tages (im besten Fall des gesamten Projektes) eindeutige Nummer. Für jede Fahrt_ID existiert jede HST_SORT-Zahl maximal nur einmal.
- Fahrzeugnummer
    - Variable: Fahrzeugnummer
    - Format: Integer oder Character
    - Beschreibung: Für das Projekt und die Fahrzeugkategorie eindeutige Nummer für die Zuordnung zu einem Fahrzeug.
- Verkehrslinie
    - Variable: Linie
    - Format: Integer oder Character
- Türnummer
    - Variable: Türnummer
    - Format: Integer 8 Bit
- Name des Verkehrsunternehmens
    - Variable: VU_Name
    - Format: Character
- Zählwerte für Ein- und Aussteiger
    - Variable: Ein_P bzw. Aus_P
    - Format: Interger 16 Bit
    - Beschreibung: Zählwerte aus dem AFZS. Diese müssen türscharf, haltestellen-scharf und fahrtscharf sein.
- IBIS-Informationen (Integriertes Bordinformationssystem)
    - Dieses sollte zu den Video/ Bild-Daten die aktuelle Haltestelle, also den Namen der Haltestelle an dem das Fahrzeug für dieses HTE hält, liefern.

19.10 Anhang

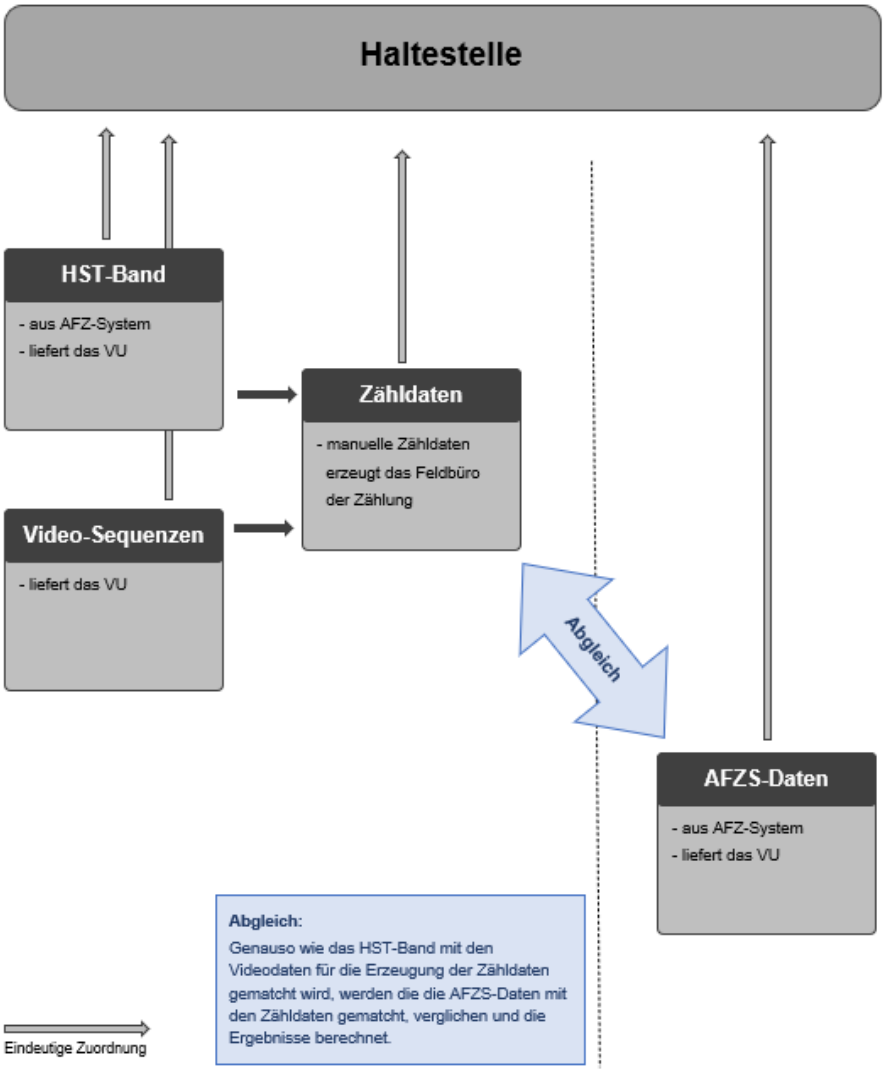


Abbildung 19: Übersicht Informations-Module Haltestelle

Bildverzeichnis

Abbildung 1: Aspekte zum Einsatz von AFZS 23

Abbildung 2: Übersicht der statistischen Anforderungen 26

Abbildung 3: Fehlerstruktur 27

Abbildung 4: Struktur der Messfahrtenplanung 31

Abbildung 5: Zufällige Auswahl der Messfahrten 32

Abbildung 6: Struktur der Messfahrtenplanung mit zufälliger Disposition 34

Abbildung 7: Stichproben- und Ausrüstungsumfang 35

Abbildung 8: Beispiel Simulationsrechnung zum Ausrüstungsgrad 40

Abbildung 9: Monitoring 43

Abbildung 10: Beispiel für Gegenüberstellung von Soll- und Ist-Messfahrtenanteil einer Linie an einem Schichttag und in eine Richtung nach Zeitschichten 45

Abbildung 11: Variable Zugbildung 53

Abbildung 12: Korrektur der Bahnhofsbelastung 55

Abbildung 13: Grundsätzliche Struktur der Prozesskette 58

Abbildung 14: Beispiel Benutzeroberfläche Pocket-PC 96

Abbildung 15: Systemkonfiguration 120

Abbildung 16: Prinzipielle Konfiguration bei OnBoard-Ortung und Zuordnung zum Fahrplan 167

Abbildung 17: Prinzipielle Konfiguration bei externer Zuordnung zum Fahrplan 168

Abbildung 18: Übersicht der Testierung in Kurzfassung 230

Abbildung 19: Übersicht Informations-Module Haltestelle 238

Impressum

Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e. V. (VDV)
Kamekestraße 37-39 · 50672 Köln
T 0221 57979-0 · F 0221 57979-8000
info@vdv.de · www.vdv.de

Ansprechpartner

Dr. Theresa Steiner
T 0221 57979-113
steiner@vdv.de

Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e. V. (VDV)
Kamekestraße 37-39 · 50672 Köln
T 0221 57979-0 · F 0221 57979-8000
info@vdv.de · www.vdv.de