

**RB113**  
**3120 ANFORDERUNGEN**  
**AUTOMATISCHE FAHRGASTZÄHLSYSTEME**

Stand 12.04.2024

**Inhalt:**

<b>1</b>	<b>Systemkomponenten .....</b>	<b>4</b>
1.1	Fahrzeugausrüstung .....	4
1.2	Datenübertragung .....	4
1.3	Inbetriebnahme Fahrzeuge.....	4
1.4	Datenmanagementsoftware AFZ .....	4
1.5	Auswertungssoftware Hochrechnung.....	4
1.6	Installations- und Inbetriebnahme Auswertungssoftware (insgesamt)...	4
1.7	Schnittstelle Datenübergabe .....	4
<b>2</b>	<b>Software .....</b>	<b>5</b>
2.1	Schnittstellen allgemein .....	5
2.2	Schnittstelle Fahrplanprogramme .....	6
2.3	Software Hochrechnung.....	7
2.3.1	Allgemeine Funktionsanforderungen .....	7
2.3.2	Spezielle Funktionsanforderungen .....	8
2.4	Verwaltung der Soll- und Istdaten .....	10
2.5	Allgemeine Schnittstelle von Soll- und Istdaten .....	10
<b>3</b>	<b>Ermittlung von Zähldaten.....</b>	<b>11</b>
3.1	Fahrzeugkomponenten.....	11
3.1.1	Komponenten .....	11
3.1.2	Zentralgerät .....	11
3.1.3	Tür-Client, Wegsignal .....	12
3.1.4	Wegsignal / Geschwindigkeitssignal.....	12
3.1.5	Erfassungssystem .....	12
3.1.6	Einstellungs- und Konfigurationsdaten .....	13
3.2	Haltestellenerkennung/Ortung.....	13
3.3	Datenerfassung .....	14
3.4	Aufzuzeichnende Daten.....	14
3.4.1	Zähldaten.....	14
3.5	Datenübertragung .....	15
<b>4</b>	<b>Verarbeitung der Zähldaten .....</b>	<b>15</b>
4.1	Verarbeitung der Soll-Daten.....	16
4.2	Rohdatenprüfung .....	16

---

<b>4.3</b>	<b>Datenaufbereitung .....</b>	<b>17</b>
4.3.1	Transformation .....	17
4.3.2	Traktion/Flügelung .....	18
4.3.3	Haltezeiten.....	18
4.3.4	Mehrfachhalte.....	18
4.3.5	Durchfahrt.....	19
4.3.6	Zwischenhalt.....	19
4.3.7	Endhaltestelle ohne getrennten Aus- und Einstieg .....	19
4.3.8	Ringlinie.....	20
4.3.9	Linienwechsel/Fahrtwechsel.....	20
4.3.10	Datensicherheit.....	20
<b>4.4</b>	<b>Saldenausgleich.....</b>	<b>20</b>
<b>4.5</b>	<b>Transformationsquote .....</b>	<b>22</b>
<b>4.6</b>	<b>Handzählungen .....</b>	<b>23</b>
<b>4.7</b>	<b>Zählgenauigkeit.....</b>	<b>23</b>
4.7.1	Allgemeines zur manuellen Vergleichszählung .....	23
4.7.2	Stichprobenplanung.....	24
4.7.3	Durchführung manueller Vergleichszählung .....	25
4.7.4	Meßgenauigkeit .....	29
4.7.5	Bereitstellung eines kalibrierten Systems .....	33
4.7.6	Prüfung Gesamtergebnisse.....	33
<b>5</b>	<b>Einbaubedingungen .....</b>	<b>35</b>
<b>6</b>	<b>Funktionsprüfungen im laufenden Betrieb.....</b>	<b>35</b>
<b>7</b>	<b>Bereitstellung der Daten .....</b>	<b>36</b>
7.1	Lieferung von Rohdaten und Zählfahrten .....	36
7.2	Sonstige Abnahmen .....	36

## **1 Systemkomponenten**

Das Automatische Fahrgastzählsystem (AFZS) dient dazu, das gesamte Fahrgastaufkommen, die Fahrzeugauslastung und die Personenkilometerleistung des Eisenbahnverkehrsunternehmens (EVU) im Laufe einer Fahrplanperiode zu ermitteln.

**Zum System gehören:**

### **1.1 Fahrzeugausrüstung**

Die gesamten Fahrzeugausrüstungen (Zentralgerät, Tür-Client, Sensoren, Sonderkonstruktionen, Antennen, Kabel und das notwendige Zubehör) einschließlich Ersatzteile und Reservematerial sowie die Installation, Inbetriebnahme und Wartungsschulung der Hardware und Software im Fahrzeug.

### **1.2 Datenübertragung**

Die notwendigen Ausrüstungen und Einrichtungen für eine automatische Datenübertragung von Daten vom Fahrzeug zur Zentrale und umgekehrt.

### **1.3 Inbetriebnahme Fahrzeuge**

Hierzu gehören alle Arbeiten und Maßnahmen, welche im Zusammenhang mit der Fahrzeugtechnik und Datenübertragung zusammenhängen, wie z.B. Wartungsanweisung, Inbetriebnahme, Installationsanweisungen, Dokumentation der Fahrzeugausrüstung, Montagekoordination, Sonderkonstruktionen, Kalibrierung des Systems usw.

### **1.4 Datenmanagementsoftware AFZ**

Die Datenmanagementsoftware in der Zentrale sowie den notwendigen Schnittstellen, Installation, Inbetriebnahme und Schulung der Software.

### **1.5 Auswertungssoftware Hochrechnung**

Hochrechnung und Ermittlung der Kenngrößen P und Pkm für Linien, räumliche Teilregionen und Tarifzonen für die Durchführung von Einnahmeaufteilungsverfahren (EAV) sowie sonstige Auswertungen

### **1.6 Installations- und Inbetriebnahme Auswertungssoftware (insgesamt)**

Installation und Inbetriebnahme der Software Hochrechnung.

### **1.7 Schnittstelle Datenübergabe**

Dies beinhaltet die Schnittstelle für die Übergabe von Daten zu den Aufgabenträgern.

## 2 Software

Die Gesamtsoftware ist in folgende Funktionsblöcke zu unterteilen

- Datenmanagementsoftware AFZ
- Auswertungssoftware Hochrechnung
- Schnittstellen zur Datenübergabe an Aufgabenträger

### 2.1 Schnittstellen allgemein

Alle das System betreffenden Schnittstellen sollen einheitlich organisiert sein. Für uneingeschränkt alle Schnittstellen im System und von bzw. zu externen Systemen (z. B. auch die Übergabe von Daten vom EVU zu den Aufgabenträgern) müssen die Schnittstellen folgende Anforderungen erfüllen. Entsprechende Realisierungen sind mit den externen Partnern im Rahmen der Feinspezifikation abzustimmen. Hierfür dürfen keine gesonderten Kosten für die Aufgabenträger anfallen.

- a) Das exportierende System muss die zu übertragende Datei erstellen und in ein vereinbartes Übergabeverzeichnis einstellen.
- b) Ist diese Datei durch den Anwender zu versenden, muss diesem am Ende eines Exports eine Meldung angezeigt werden, dass der Export komplett abgeschlossen ist. Erst dann darf der Anwender die erzeugte Datei aus dem Übergabeverzeichnis herauskopieren und versenden.
- c) Ist eine an den Anwender gesandte Datei zu importieren, so hat das System sicherzustellen, dass die zum Import benötigte Datei vollständig im Übergabeverzeichnis vorliegt, bevor der Import abgerufen wird.
- d) Es ist automatisiert sicherzustellen, dass keine Synchronisationsfehler bei der Übergabe auftreten.
- e) Sowohl der Datenexport wie auch der -import müssen für jede Schnittstelle entweder durch eine Bedienhandlung ausgelöst oder wahlweise automatisch regelmäßig zu festgelegten Zeitpunkten durchgeführt werden.
- f) Das Starten eines jeden Imports/Exports sowie das Vornehmen aller hierzu gegebenenfalls notwendigen Einstellungen muss bedienfreundlich menügesteuert bzw. durch Masken erfolgen.
- g) Es muss die Möglichkeit vorhanden sein, wahlweise das gesamte Datenverzeichnis oder nur einzelne Daten (z.B. Soll- oder Istdaten) getrennt zu exportieren. Dem Anwender muss so ermöglicht werden, zu wählen, welche Daten in den Export einbezogen werden sollen.
- h) Wenn Soll- oder Istdaten nur zu anderen Systemen durchgeleitet werden, muss sowohl beim Import als auch beim Export der verschiedenen Softwaremodule eine Konsistenzprüfung aller Daten (auch der nur durchgeleiteten Daten) erfolgen.
- i) Als weitere Funktion muss immer eine Eingrenzung nach Gültigkeit der Daten vorhanden sein. Daten, deren Gültigkeitsende vor einem vom Anwender einzustellenden Datum liegt, dürfen dann nicht in den Export einbezogen werden.

- j) Die Datei mit den exportierten Daten muss, um das Übertragungsvolumen zu minimieren, automatisch komprimiert und beim Import wieder entpackt werden. Das hierzu notwendige (nur im Hintergrund laufende) Komprimierungstool muss mitgeliefert werden.
- k) Die Dauer der Exporte und Importe sollte so bemessen sein, dass die Verarbeitung und Auswertung der AFZ-Daten die Fristen für die Datenlieferungen an die Aufgabenträger und die Verbünde nicht gefährdet oder nur mit unverhältnismäßig hohem Personaleinsatz erreicht werden.
- l) Insbesondere beim Import von Fahrplandaten aus dem Fahrplanprogramm in die Datenmanagementsoftware und beim Import von Soll- und Istdaten in die Auswertungssoftware müssen die Fehlermeldungen für den Anwender klar interpretierbar sein. Es muss zwischen unkritischen Hinweisen und Fehlern deutlich unterschieden werden. Es muss genau angezeigt werden, welche Fehler an welcher Stelle bzw. bei welchen Dateninhalten aufgetreten sind.
- m) Soll- und Istdaten müssen sowohl in der Datenmanagementsoftware als auch in der Auswertungssoftware jederzeit selektiv überschrieben und ergänzt werden können. Beim Import neuer Daten müssen hierzu die bereits vorhandenen Daten überschrieben und neue Daten ergänzt werden. Die Kalenderanpassung muss damit automatisch erfolgen.

## **2.2 Schnittstelle Fahrplanprogramme**

Der Auftragnehmer hat sicherzustellen, dass die Übernahme der Fahrplandaten einschließlich zugehöriger Stamm- und Metadaten fehlerfrei, konsistent und für den Anwender nachvollziehbar erfolgt. Dazu sind insbesondere nachfolgende Anforderungen zu erfüllen:

- a) Das Auswertungsprogramm muss die vom Vorsystem erzeugten Fahrplan-, Netz-, Umlauf- und Kalenderdaten übernehmen.
- b) Die Solldaten umfassen Linien- und Streckendaten sowie Fahrplan-, ggf. Umlaufplandaten. Die Solldaten müssen aus den Fahrplan- und Dienstplanprogrammen des EVU übernommen werden, welches den entsprechenden Export bereitstellt.
- c) Es muss sichergestellt sein, dass benötigte Daten nur einmalig im Gesamtsystem bereitgestellt werden müssen, d.h. dass in den Netz- und Fahrplanprogrammen gepflegte Daten, welche für das Gesamtsystem benötigt werden, auch von diesen automatisch an die Datenmanagementsoftware übergeben und verarbeitet werden. In der Datenmanagement- und Auswertungssoftware sollte keine weitere manuelle Bearbeitung notwendig sein.
- d) Es muss gewährleistet sein, dass die Datenstruktur im Gesamtsystem konsistent ist, d. h. sämtliche Felder, auch wenn sie nur durchgereicht werden, eine ausreichende Größe aufweisen und befüllt werden (ggf. mit Null belegt werden).
- e) Die importierten Daten müssen vollständig sein. Das Fehlen von Daten muss dem Benutzer angezeigt werden.

f) Es muss eine Konsistenzprüfung durch die Datenmanagementsoftware stattfinden. Die Fehler müssen dem Benutzer angezeigt werden und für diesen interpretierbar sein. Dies bezieht sich auch auf Daten, welche von der Datenmanagementsoftware an die Auswertungssoftware nur durchgereicht werden.

## **2.3 Software Hochrechnung**

### **2.3.1 Allgemeine Funktionsanforderungen**

Die verwendeten Methoden und Realisierungen zur Implementierung der folgenden Anforderungen sind im Erhebungskonzept schriftlich darzustellen (siehe **Anlage RB113\_3113\_Erhebungskonzept**).

Aufgrund der geforderten Vollausstattung aller Fahrzeuge mit Automatischen Fahrgastzählsystemen wäre theoretisch keine Hochrechnung erforderlich. Jedoch ist zu erwarten, dass nicht alle Fahrten mittels AFZ gezählt werden können. Ausfälle von Zählfahrten können u. a. folgende Ursachen haben:

- Technische Ausfälle des AFZ-Systems bzw. von Systemteilen (z.B. keine Daten vorhanden bzw. nur von einzelnen Zugteilen),
- Fehler in den Rohdaten vom Fahrzeug (z.B. fehlende Ortungsdaten, Fehler bei der Datenaufzeichnung selbst oder der Datenübertragung),
- Ausfälle von Fahrten aufgrund betrieblicher oder externer Einflüsse (z.B. Unfall, Sturmschäden) und damit operativer Ersatz durch SEV,
- SEV aufgrund von Baumaßnahmen, bei welchem aufgrund erhebungsökonomischer Gründe auf ein Stichprobenverfahren zurückzugreifen ist.

Vor der Hochrechnung muss es die Möglichkeit geben, die vorher ausgewählten Zählfahrten als nicht editierbare Gesamtübersicht anzeigen zu lassen. Die Übersicht muss jeweils individuell zusammengestellt werden können, ausgedruckt oder zu MS Excel oder als CSV-Datei exportiert werden können.

Mit dem Modul Hochrechnung müssen sich die für eine Stichprobe erhobenen Daten

- beförderte Personen (P),
- Personenkilometer (Pkm)

auf die Grundgesamtheit (bezogen auf einen bestimmten Zeitraum) hochrechnen für:

- eine bzw. mehrere Linien über ihre jeweiligen gesamten Fahrwege,
- einen Linienabschnitt, befahren von einer bzw. mehreren Linien,
- Eines oder mehrere Gebiete (z. B. Zuständigkeitsbereiche der Aufgabenträger, Geltungsbereich eines Verbundtarifes)
- Haltestellen (nur für Ein- und Aussteiger)

### 2.3.2 Spezielle Funktionsanforderungen

- a) Es müssen unterschiedliche Schichtungen für verschiedene Tagesarten bzw. Tagesartgruppen und Zeitschichten erstellt und verarbeitet werden können. Sämtliche Sollfahrten müssen automatisch in eine der Schichten zugeordnet werden können. Alternativ muss die Software in der Lage sein, eine beliebige Schichtung aus einer Tabelle im CSV-Format zu übernehmen.
- b) Es müssen sowohl eine statische als auch eine dynamische Schichtung (mit Optimierung der Schichtgrenzen) möglich sein.
- c) Es müssen beliebige Hochrechnungszeiträume eingeben werden können.
- d) Der Anwender muss über die Linienauswahl die in die Hochrechnung eingehenden Linien festlegen können.
- e) Der Anwender muss durch Auswahl einen Linienabschnitt festlegen können, für den mit den ausgewählten Linien eine Hochrechnung erfolgt.
- f) Der Anwender muss durch Auswahl ein räumlich begrenztes Gebiet (z. B. Gebiet eines Aufgabenträgers) festlegen können, für die mit den ausgewählten Linien eine Hochrechnung erfolgt.
- g) Für die Anwendung von Auswertungen sollte die Dauer der Hochrechnung so bemessen sein, dass die Verarbeitung und Auswertung der AFZ-Daten die Fristen für die Datenlieferungen an die Aufgabenträger und die Verbünde nicht gefährdet oder nur mit unverhältnismäßig hohem Personaleinsatz erreicht werden.
- h) Die Hochrechnungsergebnisse nach Linie, Linienabschnitt oder Aufgabenträgern bei dynamischer Schichtung müssen bei gleichen einbezogenen Soll- und Istdatenbeständen und bei gleicher Schichtung untereinander immer gleich sein. Dies muss durch geeignete Algorithmen sichergestellt sein.
- i) Die Hochrechnungsergebnisse (beförderte Personen P und Personenkilometer PKM) müssen mit ihrer Standardabweichung unter Berücksichtigung des statistischen Vertrauensbereichs (Güteparameter) ausgewiesen werden.
- j) Die Hochrechnung der Kenngrößen P und PKM muss in jeder Schicht durch Multiplikation des arithmetischen Mittelwertes der beförderten Personen (P) bzw. der erzielten Verkehrsleistung (PKM) der Zählfahrten mit der Anzahl der Sollfahrten und anschließende Summation der ermittelten Werte über alle Schichten erfolgen.
- k) Grundsätzlich gilt als Verkehrsmenge die Summe aller Einsteiger in einem räumlich begrenzten Gebiet, d.h. die Summe aller dort beginnenden Linienbeförderungsfälle ohne Berücksichtigung dessen, wo die Fahrt endet. Als räumlich begrenzte Gebiete gelten die jeweiligen Gebiete der einzelnen Aufgabenträger.
- l) Insgesamt existieren zwei Kategorien von Verkehrsmengen:
  - tatsächliche Verkehrsmenge (a) als Summe aller gezählten und geglätteten sowie ggf. hochgerechneten Einsteigerwerte, gemessen in beförderten Personen (Linienbeförderungsfällen) und
  - die Verkehrsmenge (b) als Leistungsbestimmungsgröße P für EAV von Verkehrsverbünden (z. B. Mitteldeutscher Verkehrsverbund (MDV)), d.h. die



Linienbeförderungsfälle je Aufgabenträger, welche alle in dem jeweiligen Gebiet (Aufgabenträger) ermittelten Verkehrsmengen die auf Grundlage der vorgegebenen Tarife realisiert wurden, enthalten.

- m) Die Hochrechnungsergebnisse (beförderte Personen P und Personenkilometer Pkm) müssen in Form eines Protokolls ausgewiesen werden. Dieses Protokoll muss mindestens folgende Informationen enthalten:
- Angabe des Verkehrsunternehmens
  - Gewählter Erhebungszeitraum
  - Gewählte Linie(n), Linienabschnitt(e) oder Auswertungsgebiet (z. B. Aufgabenträger)
  - Verwendetes Schichtenmodell mit
    - Anzahl der geleisteten Fahrten pro Schicht
    - Anzahl der Sollfahrten pro Schicht
    - Mittelwert für P und Pkm pro Schicht
    - Hochgerechnete P und Pkm pro Schicht
    - Varianz pro Schicht (bezogen auf P bzw. Pkm)
    - Gesamtergebnis P und Pkm (Summe über alle Schichten)
  - Statistischer Zufallsfehler
  - Vertrauensbereich
  - Statistische Sicherheit
  - Angabe für Schichten mit zu wenig Messfahrten
  - Angabe für Tage ohne Sollfahrten
- n) Die Protokollierung des verwendeten Schichtenmodells muss es den Aufgabenträgern bzw. Verbünden ermöglichen, die Einhaltung der Vorgaben der Leistungsbeschreibung bzgl. der Schichtung zu überprüfen.
- o) In der Software Hochrechnung müssen manuell erhobene Daten ausgewertet werden können. Dazu ist eine eindeutige Identifikation dieser Dateneingaben mit Dokumentation und Protokollieren für eine spätere Evaluierung durch die Datenmanagementsoftware zu sichern.
- p) Eine Hochrechnung nach Platzgruppenverfahren o. ä. wird aufgrund der geforderten Vollausrüstung aller Fahrzeuge (incl. Reserven) sowie dem Ganzzugsausstattungsprinzip nicht zugelassen und ist damit auch nicht mit anzubieten.
- q) Es muss möglich sein, die als Grundlage für die jeweilige Auswertung verwendeten Daten als Tabelle im MS Excel-Format bzw. CSV-Format zu exportieren bzw. abzuspeichern.

## 2.4 Verwaltung der Soll- und Istdaten

Es muss ein Modul geben, durch welches sich der Anwender menü- und maskengeführt die Zähhfahrten nach dem Saldenausgleich anzeigen lassen kann. Hierbei muss es folgende Filter- bzw. Anzeigemöglichkeiten geben:

- Datum / Zeitraum
- Fahrzeug
- Linie(n) / Unterlinie(n)
- Umlauf / Umläufe
- Fahrweg(e)
- Fahrt(en)

Die Übersichten müssen jeweils individuell zusammengestellt werden können, ausgedruckt oder zu MS Excel oder als CSV-Datei exportiert werden können.

Die Übersichten dürfen nicht editiert werden können. Die exportierten Dateien dürfen nicht ins System zurückimportiert werden können.

## 2.5 Allgemeine Schnittstelle von Soll- und Istdaten

Es muss die Möglichkeit gegeben sein, Soll- und Istdaten als Einzeldatensätze vor und nach Saldenausgleich zu exportieren. Die Schnittstellenbeschreibung zur Bereitstellung dieser Daten ist in **RB113\_3114\_Datenuebergabe\_Erhebung** beschrieben.

Die Exporte müssen nach folgenden Kriterien selektiert werden können:

- Linien
- Zeitraum
- Fahrzeugen

### **3 Ermittlung von Zähldaten**

#### **3.1 Fahrzeugkomponenten**

##### **3.1.1 Komponenten**

Alle Fahrzeuge müssen mit Automatischen Fahrgastzählssystemen ausgestattet sein (incl. Reservefahrzeuge). Es gilt das Ganzzugausstattungsprinzip, d.h. ein eingesetztes Fahrzeug muss zu 100% mit Fahrgastzählssystemen ausgerüstet sein. Eine Teilausstattung ist nicht erlaubt. Die Anwendung eines Wagenkonzeptes gemäß VDV-Schrift 457, V 2.1 ist zulässig, sofern die je Fahrpanfahrt erfassten Zähldaten nur dann weiterverarbeitet werden, wenn für alle Wagen des Zugverbandes vollständig verwertbare Zähldaten aus dem AFZS zur Auswertung zur Verfügung stehen. Unter einer Fahrpanfahrt wird hierbei eine Zugfahrt (= Kombination aus Zugnummer und Verkehrstag (Datum)) verstanden.

Die Fahrzeug-Ausrüstung muss aus einer zentralen Fahrzeuggrundkomponente (im folgenden Zentralgerät genannt) und einer oder mehreren Tür-Komponenten bestehen. Die zentrale Fahrzeuggrundkomponente überwacht und steuert den Datenaustausch von und zu den Türkomponenten. Jedes Fahrzeug muss eine zähltechnisch abgeschlossene Einheit darstellen und damit selbständig einsetzbar sein.

Die Türsignale, das Türfreigabesignal sowie der Wegimpuls sind aufzunehmen.

##### **3.1.2 Zentralgerät**

Die zentrale Fahrzeuggrundkomponente überwacht und steuert den Datenaustausch von und zu den Türkomponenten und führt ggf. eine technische Plausibilitätsprüfung durch. Die Daten werden zwischengespeichert. Fehler und Störungen müssen eigenständig erkannt und die betreffenden Zähldaten gekennzeichnet werden. Die Fehlermeldung soll parallel dazu zeitgleich an den Fahrer und / oder die Leitstelle (bzw. Auswertungsstelle) übermittelt werden, um fehlerhafte Zählfahrten über einen größeren Zeitraum zu vermeiden.

Durch das Zentralgerät sind folgende Daten zwingend mit aufzunehmen:

- Fahrzeugnummer
- Türfreigabesignal
- Tachosignal (Weg / Geschwindigkeit)
- Sensoridentifikation / Sensorgruppenidentifikation
- Störungsmeldungen
- Zeit, Datum
- Verortung (logisch, physikalisch, GPS)
- Datenspeicher

Die Zugnummer kann, muss aber nicht aufgezeichnet werden.

### 3.1.3 Tür-Client, Wegsignal

Die Zähltechnik wird nur aktiviert, wenn das Fahrzeug hält und die Türen geöffnet werden (Ein- und Aussteigevorgang). Zur Identifikation dieses Zustandes benötigt das Zentralgerät 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

sind zu berücksichtigen.

Die Signale „Tür öffnen“ (= Beginn der Zählung) und „Tür schließen“ (= Ende der Zählung) sind dem Zentralgerät direkt entweder über die vorhandene Bordtechnik oder über gesonderte Türsensoren zuzuleiten. Eine oder mehrere Wiederholungsöffnungen an einem Ortspunkt müssen möglich sein. Die Aktivierung der Zählung erfolgt auch, wenn nicht alle Türen im Wagen geöffnet werden. Die Aktivierung der Zählsensoren darf nur für die offenen Türen erfolgen.

### 3.1.4 Wegsignal / Geschwindigkeitssignal

Das Zentralgerät benötigt zur Identifikation des Zustands „Fahrzeug hält“ ein direktes Signal des Fahrzeuges. Dabei muss eine Wegtoleranz von einigen Metern individuell parametrierbar sein. Nur dann ist es möglich, einen nachträglichen Fahrgastwechsel noch mit zu erfassen (Zustand z.B.: Fahrzeug fährt an, Fahrgast kommt noch angelaufen, Fahrzeug hält noch einmal im Haltestellenbereich an und lässt ihn einsteigen = Wegdifferenz 10 m). Dementsprechend muss eine Folge von mehreren Halten an einer Haltestelle verarbeitet werden können.

### 3.1.5 Erfassungssystem

Es sind Infrarot-Sensoren zugelassen oder solche Sensoren, deren Messverfahren auf Wärmestrahlung, optische Verfahren oder eine Kombination dieser Varianten beruhen, welche jeweils die Erfassung der einzelnen Person sicherstellen. Nebeneinander liegende Sensoren dürfen sich nicht gegenseitig beeinflussen. Fehlerquellen, wie schwankende Lichtverhältnisse, Wärmestrahlungen, veränderte Temperaturverhältnisse, Nässe, wechselnde Farben und ähnliche Faktoren dürfen die Funktionsfähigkeit des Systems nicht beeinflussen, d. h. das System muss auch unter o. a. Bedingungen voll funktionsfähig sein und die Messgenauigkeit einhalten. Eventuell vorhandene Einstiegshilfen, Türöffnungsgelenke o. ä. dürfen die Zählgenauigkeit nicht beeinflussen. Tiere, Kinderwagen, Fahrräder sowie Gepäckstücke dürfen nicht als Fahrgäste identifiziert und bei der Zählung vom System fälschlich als ein- und aussteigende Personen berücksichtigt werden.

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

- in vorhandene Türprofile bzw. in anderer geeigneter Form (ohne überstehende Bauteile und vandalismussicher) einbaubar,
- Erfassung jeder Einzelperson,
- 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 gemäß EBO),
- reflektionssicher,
- Ausschluss gegenseitiger Beeinflussung,
- Ausschluss von Fehlerquellen (schwankende Lichtverhältnisse, Reflektionen, Nässe, Schnee, Farbwechsel, Wärmestrahlungen, magnetische und elektrische Feldeinflüsse),
- Einhaltung der Messgenauigkeit gemäß den Vorgaben der Ausschreibung für die Dauer des Verkehrsvertrages,
- Kennung der Einzelmessstellen im Fahrzeug.

Erfassungssysteme, die systematisch fehlerbehaftete Zählraten generieren, welche mit Hilfe von Korrekturfaktoren ausgeglichen werden, sind nicht zugelassen.

### **3.1.6 Einstellungs- und Konfigurationsdaten**

Alle gespeicherten Zählraten sowie die Konfigurations- und Einstellungsdaten der Zählgeräte müssen nach Abschalten der Versorgungsspannung für mindestens 8 Wochen gespeichert bleiben. Werden Pufferakkus eingesetzt, sind diese auf Zustand zu überwachen. Bei mangelnder Speicherkapazität ist rechtzeitig auf geeignete Weise eine Fehlermeldung auszugeben.

## **3.2 Haltestellenerkennung/Ortung**

Die Haltestellenerkennung muss ohne Beeinträchtigungen für das Zählsystem erfolgen und muss unabhängig von manuellen Eingriffen durch Fahr- und Betriebspersonal oder eines im Fahrzeug befindlichen Bordcomputers während der Fahrt funktionieren. Die Funktionsfähigkeit des Systems und der Türkomponenten darf daher nicht von der Bedienung durch den Fahrer oder von der Datenversorgung durch ein im Fahrzeug befindliches Steuergerät abhängen. Weder der im Fahrzeug befindliche Bordcomputer noch das AFZ-System dürfen sich gegenseitig stören.

Empfohlen, jedoch nicht zwingend vorgeschrieben, wird daher ein System, bei dem das Fahrgastzählsystem in der Lage ist, den aktuellen Standort selbständig zu ermitteln und

hierzu nicht die Daten eines übergeordneten Systems nutzt (autonomes AFZ). In der Regel kann dies durch ein GPS-Modul gelöst werden.

### **3.3 Datenerfassung**

Die Anzahl der Ein- und Aussteiger an allen planmäßigen Haltestellen ist zu erfassen. Musste das Fahrzeug anschließend einen Fahrweg zurücklegen, der kürzer als ein parametrierbarer Weg ist, und die Türen erneut geöffnet werden, so sind die neuerlichen Wechselvorgänge den zuvor ermittelten Haltestellenwerten zuzuordnen.

- Das AFZ-System darf keine Bedienung durch den Fahrer notwendig machen und zulassen. Das System muss autonom und vollautomatisch arbeiten, ohne dass ein Eingriff des Fahrers nötig oder möglich ist. Der Anschluss an das Bordinformationssystem kann vorgesehen werden.
- Türscharfe Aufzeichnung muss möglich sein.

Das AFZ-System muss beliebige Haltepunkte auch außerhalb zulässiger Haltestellenbereiche, z. B. außerplanmäßige Halte, - zwischen zwei planmäßig bedienten Haltepunkten erkennen können.

In einem Zentralgerät im Fahrzeug müssen für jede Haltestelle alle Zählzeiten und alle orts- und zeitbezogenen Informationen abgelegt werden, welche die Identifizierung der Fahrten ermöglichen.

Bei Störungen und Abweichungen einzelner Systembausteine ist ein Vermerk in die betreffenden Datensätze einzutragen bzw. ein Fehlerprotokoll zu erstellen.

Das Überschreiben der Daten im internen Speicher ist nur zulässig, wenn diese Daten über einen Laptop oder ein automatisches Übertragungssystem bereits ausgelesen wurden (siehe unten).

Der Datenspeicher muss alle Ereignisse von mindestens 31 Kalendertagen vollständig aufzeichnen. Bei vollem Speicher dürfen nur die ältesten Daten nach dem FIFO-Prinzip überschrieben werden (Ringspeicher).

### **3.4 Aufzuzeichnende Daten**

#### **3.4.1 Zählzeiten**

Für die Fahrgastzählung sind folgende Daten aufzuzeichnen:

- Gleichzeitige Aufzeichnung von einsteigenden und aussteigenden Fahrgästen pro Haltestelle und pro Tür
- Erfassung von Haltestellenanfahrt- und Haltestellenabfahrtszeiten
- Erfassung von Haltestellenaufenthaltszeiten
- Aufzeichnung von Zwischen- und Endabfragen
- Bei GPS-Ortung auch die Haltestellenpositionen über GPS

### **3.5 Datenübertragung**

Die Datenübertragung vom Fahrzeug in die zentrale Datenmanagementsoftware muss automatisiert erfolgen, damit keine personalaufwändige Übertragung der Rohdaten (z.B. Speicherkarte) notwendig ist. Eine Rückfallebene für das manuelle Auslesen von Rohdaten (z.B. per Laptop) ist jedoch für den Fall technischer Probleme sicherzustellen.

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. Das Datenformat der Rohdaten muss gegen unberechtigten Zugriff durch Dritte gesichert sein. Die zu übertragenden Daten sind daher mit einer angemessenen sicheren Verschlüsselung nach aktuellem Stand der Technik (z.B. SSL-Verschlüsselung) zu schützen.

Die Rohdatenübertragung muss manipulationssicher sein. Manuelle Änderungen an den Rohdaten dürfen nicht möglich sein.

Die Daten aus den stationären Zwischenspeichern müssen automatisch in das Hintergrundsystem des AFZ übertragen werden. Dies soll über geeignete und dem aktuellen Stand der Technik entsprechende Übertragungseinrichtungen von den stationären Zwischenspeicher an das Hintergrundsystem erfolgen.

Die Übertragung der Rohdaten muss mindestens einmal täglich erfolgen, damit die Zählzeiten zeitnah zur Verfügung stehen. Dieser Prozess muss vom Zentralgerät automatisch ausgeführt werden. Hierbei ist eine angemessene, einstellbare Zeitspanne zwischen Systemstart und Start der Datenübertragung vorzusehen.

Bei Unterbrechung einer laufenden Datenübertragung muss sichergestellt sein, dass automatisch nach einer festen Zeit die Datenübertragung erneut gestartet wird.

Bei Unterbrechung einer laufenden Datenübertragung muss sichergestellt sein, dass die Datenkonsistenz erhalten bleibt und weder Daten verloren gehen, geändert werden noch doppelt im stationären Auswertesystem gespeichert werden.

## **4 Verarbeitung der Zählzeiten**

Mit einer Datenmanagementsoftware werden alle technischen und betrieblichen Daten für den Einsatz der AFZ in den Fahrzeugen verwaltet und zur Verfügung gestellt.

Folgende Funktionen muss die Datenmanagementsoftware mindestens bereitstellen:

- die Verwaltung von notwendigen Stammdaten (Netzplan- und Fahrplandaten) des Betriebes
- das Ein- und Auslesen von Zählzeiten
- die Fehlererkennung und Wartung des Systems
- den Import von System-Externen Daten in das System
- den Export von Daten in externe Datensysteme
- die Erstellung von Transformationsprotokollen

- die Zuordnung von GPS-Koordinaten zu Haltestellennamen (bei GPS-Ortung)

Außerdem ist der Datenaustausch mittels eines automatischen Datenübertragungssystems zu managen und zu überwachen.

Die erste Stufe der Qualitätsprüfung (z. B. Rohdatenprüfung) ist hier ebenfalls durchzuführen, um die Verfügbarkeit aller technischen Komponenten fahrzeug- und zeitnah überprüfen zu können.

#### **4.1 Verarbeitung der Soll-Daten**

Das System muss in der Lage sein, für jeden Kalendertag einen eigenen, vollständigen Satz Soll-Daten zu übernehmen und korrekt zu speichern. Die Datenstrukturen und Formate sind auf Anforderung der Aufgabenträger offen zu legen. Der Import der Soll-Daten muss automatisch durch eine Schnittstelle erfolgen. Falls im Einzelfall zur Durchführung des produktiven Betriebes eine manuelle Nachpflege von Fahrplandaten notwendig ist, so ist dies zulässig. Die Datenpflege muss durch geeignete Bedienoberflächen / Masken anwenderfreundlich gesichert sein.

Informationen zu Verstärkerfahrten, Zugbildung und Behängung einer Zugfahrt im Sollzustand und im Istzustand müssen aus den Fahrplanprogrammen (bzw. für die Erfassung des Istzustands aus gesonderten Einsatzplanungsprogrammen o. ä.) übernommen werden. Ist diese Verstärkerfahrt / Zugbildung / Behängung während der Transformation noch nicht in den Solldaten hinterlegt, so muss diese Fahrt gekennzeichnet werden. Nach der Übergabe dieser Informationen an die Datenmanagementsoftware und der erneuten Transformation muss diese dann erkannt und ausgewertet werden können.

#### **4.2 Rohdatenprüfung**

Es muss möglich sein, die Rohdaten aus einem vordefinierten Verzeichnis automatisch in die Datenmanagementsoftware einzulesen.

Unter Rohdatenblock sind alle Daten eines Messtages eines Fahrzeuges zu verstehen<sup>1</sup>. Beim Prüfen der Rohdaten muss einstellbar sein, dass Rohdatenblöcke mit mehr als [N] Systemfehlern gelöscht werden. Dieser Wert muss einstellbar sein.

Die Datenmanagementsoftware muss eine tägliche Zustandsanalyse der Hard- und Softwarekomponenten des Systems ermöglichen. Fehler in der Hardware des Fahrzeuges müssen dem Anwender an der Auswertestation automatisch unmittelbar nach dem Auftreten des Fehlers im Fahrzeug bekannt gegeben werden, ohne dass dazu ein manuelles Prüfen des Zentralgeräts (z.B. mit Laptop) notwendig ist. Hierzu ist eine geeignete Verfahrensweise zu implementieren. Diese Information muss mindestens enthalten:

- Fahrzeugnummer
- Fahrzeugtyp

---

<sup>1</sup> In speziellen Fällen sind auch mehrere Einzelrohdatenblöcke pro Tag und Fahrzeug möglich (s.o.).



- Datum
- Uhrzeit
- Nummer des Zentralgeräts im Fahrzeug
- Fehlerart (mit verbaler Beschreibung)
- Ggf. schadhafte Teile mit Bezeichnung und Nummer

Es sind in der Datenmanagementsoftware geeignete Übersichten zu implementieren, aus denen für jedes im System verwaltete Zählfahrzeug der technische Status hervorgeht. Hierbei sind folgende Informationen mindestens zu berücksichtigen:

- Fahrzeugnummer
- Datum des Messtages
- Technischer Status Datenübertragung (komplett oder fehlerhaft)
- Technischer Status Zentralgerät
- Technischer Status Sensoren
- Technischer Status Signale vom Fahrzeug (Wegimpuls, Türsignale, Türfreigabesignal, GPS-Signal usw.)
- Fehlerdarstellung

Die regelmäßige automatische Information über Hardwarefehler im Fahrzeug muss für diese Übersicht automatisch verarbeitet und dem Anwender übersichtlich dargestellt werden.

Es muss zur Plausibilitätsprüfung eine Übersicht der Summe der Roheinsteiger und der Summe der Rohaussteiger eines Rohdatenblocks eines Fahrzeugs für jeden Tag implementiert werden, anhand derer unplausible Abweichungen einzeln ausgewertet werden können.

#### **4.3 Datenaufbereitung**

Die Fahrten müssen auch bei den unten aufgeführten betrieblichen Besonderheiten des EVU mit der definierten Genauigkeit gemäß Leistungsbeschreibung einzeln ausgewertet werden können.

##### **4.3.1 Transformation**

Alle Linien/Linienarten bzw. Fahrten des EVU müssen ohne Einschränkungen transformiert werden können.

Die Transformation muss die Messdaten haltestellenscharf der Sollfahrt zuordnen, auf der die Messdaten aufgenommen wurden, d.h. zu der Fahrt, auf der die Messfahrt auch tatsächlich geleistet wurde.

Es müssen grundsätzlich alle Fahrten transformiert werden. Fahrten die Systemfehler enthalten, müssen automatisch gesperrt und somit nicht zur Auswertung berücksichtigt

werden. Alle restlichen Fahrten des Datenblocks, die hiervon nicht betroffen sind, müssen ausgewertet werden.

Es muss mit jedem Zählfahrzeug möglich sein, zu jeder beliebigen Tageszeit ohne Einschränkungen Messfahrten durchzuführen und diese Messfahrten auszuwerten.

Die Transformation muss durch Parameter gesteuert werden können. Folgende Parameter müssen implementiert sein:

- Haltestellenreferenzbereich, welcher den Abstand vor und nach einer Haltestelle angibt, in dem ein Halt eines Fahrzeuges noch dieser Haltestelle zuzuordnen ist
- maximale Anzahl der ausgelassenen Haltestellen absolut und in Prozent der Anzahl der Haltestellen zwischen Anfangs- und Endhaltestelle einer Fahrt
- maximale Verfrühung / Verspätung einer Fahrt
- maximale Wegabweichung zwischen zwei Haltestellen

Die Parameter müssen für den Anwender zugänglich sein. Wenn o. g. Parameter geändert werden, muss dies protokolliert werden.

Die Transformation darf eine Messfahrt nicht einer zeitlich davor liegenden oder folgenden Sollfahrt zuordnen, sofern die eingestellten Toleranzen unterhalb der Taktfrequenz liegen. Bei fest definierten Wagenumläufen müssen auch Fahrten mit Verspätung oberhalb der Taktfrequenz ausgewiesen werden können.

#### **4.3.2 Traktion/Flügelung**

Stärken und Schwächen von Fahrten durch Änderung der Traktion sowie Flügelung und Vereinigung, auch während einer Linienfahrt (bzw. bei Vorbeifahrt am Betriebshof) müssen vom System erkannt und verarbeitet werden können.

Bei Fahrten in Mehrfach-Traktion muss die Auswertung der Daten jedes einzelnen Fahrzeugs und des gesamten Zugs möglich sein.

Bei einer Kombination von Fahrten infolge Flügelung/Vereinigung muss die jeweilige Einzelfahrt des jeweiligen Zugteils (=Wagenfahrt) erkannt werden.

#### **4.3.3 Haltezeiten**

In der Regel sind in den Soll-Daten aus dem Fahrplanprogramm nur die planmäßigen Abfahrtszeiten, aber keine planmäßigen Ankunftszeiten angegeben. In diesem Fall ist die Haltezeit gleich Null zu setzen.

#### **4.3.4 Mehrfachhalte**

An einer Haltestelle kann zweimal oder mehrmals gehalten werden. Die entsprechenden Messungen müssen verarbeitet und einer Haltestelle zugeordnet werden. Musste also ein Fahrzeug nach einer Haltestelle einen Fahrweg zurücklegen,

der kürzer als der Haltestellenreferenzbereich (dieser muss parametrierbar sein) ist, und die Türen erneut geöffnet werden, so müssen die an dieser Position gezählten Ein- und Aussteiger der zuvor ermittelten Haltestelle zugeordnet werden.

#### **4.3.5 Durchfahrt**

Das Auslassen von Haltestellen (Durchfahren) muss toleriert werden. Es muss möglich sein, dass die Fahrt anhand anderer Kriterien (Abfahrtszeit, Datum, Abfahrtshaltestelle) so genau identifiziert werden kann, dass diese Fahrt auch bei Auslassung von 90% der Haltestellen noch zuverlässig und richtig erkannt und der richtigen Fahrplanfahrt zugeordnet wird. Dieser Wert muss einstellbar sein.

#### **4.3.6 Zwischenhalt**

Ein "Zwischenhalt" mit Türöffnen und -schließen zwischen zwei Haltestellen - nicht im Referenzbereich einer Haltestelle - muss verarbeitet werden können. Vor der automatischen Transformation muss der Benutzer einen Schalter für folgende Varianten setzen können:

- Der Zwischenhalt wird als solcher stehen gelassen.
- Die Zahl der Aussteiger (bzw. eventuell Einsteiger) wird der nächstfolgenden Haltestelle zugeordnet.
- Die Zahl der Aussteiger (bzw. eventuell Einsteiger) wird der davorliegenden Haltestelle zugeordnet.
- Die Zahl der Aussteiger (bzw. eventuell Einsteiger) wird der nächstgelegenen Haltestelle zugeordnet.
- Unterlinien, verkürzte Fahrten

Linien, Unterlinien und planmäßig verkürzte Fahrten müssen unterschieden werden können.

Es müssen mehrere Streckenvarianten vorgehalten werden können, beispielsweise aus mehreren aufeinander folgenden Tagen oder aus unterschiedlichen Fahrplanperioden.

Fahrplandaten müssen mit einer frei wählbaren zeitlichen Gültigkeit vorgegeben werden können. Es muss möglich sein, die Fahrplandaten mehrerer unterschiedlicher Fahrplanperioden parallel vorzuhalten.

#### **4.3.7 Endhaltestelle ohne getrennten Aus- und Einstieg**

Die betriebliche Praxis des Kurzkehrens bzw. einer gemeinsamen Aus- und Einstiegsposition an den Endhaltestellen führt dazu, dass Fahrgäste für die Rückfahrt bereits in das Fahrzeug einsteigen, bevor alle Fahrgäste der Hinfahrt ausgestiegen sind. Dies findet insbesondere an größeren Endbahnhöfen statt. Diese Tatsache („Wartesaalproblematik“) darf nicht zu einer unzulässig großen Zählungenauigkeit führen.

#### 4.3.8 Ringlinie

Bei Ringlinien, die kein definiertes Linienende haben, ist die Linie in eine Hin- und Rückfahrt aufzuteilen und die Zählung in geeigneter Form weiterzuverarbeiten.

#### 4.3.9 Linienwechsel/Fahrtwechsel

Ein Linienwechsel ohne Zwischenfahrt (die Endhaltestelle der endenden Fahrt ist die Anfangshaltestelle auf der folgenden Fahrt, ohne dass die Definition zutrifft, dass an Anfangs- und Endhaltestellen die Belegung jeweils Null ist) muss zuverlässig verarbeitet werden können. Es ist sicherzustellen, dass die im Fahrzeug verbliebene Besetzung („Sitzenbleiber“) nicht zu einer unzulässig hohen Abweichung von der geforderten Zählgenauigkeit je Fahrt führt.

#### 4.3.10 Datensicherheit

Alle Daten und Auswertungen müssen in lesbarer Form angezeigt und ausgedruckt und nach benutzerdefinierten Kriterien gezielt abgelegt werden können. Dies gilt auch für die Rohdaten.

Die Datensicherheit muss gewährleistet sein. Es ist sicherzustellen, dass ergebnisverfälschende Manipulationen bei der Datenbearbeitung durch Voraussetzungen der Software, welche im Erhebungskonzept gemäß **RB113\_3113\_Erhebungskonzept** darzulegen sind, ausgeschlossen sind. Notwendige und zugelassene Veränderungen an den Daten, beispielsweise die Einstellung der Parameter, dürfen ausschließlich von autorisierten Personen durchgeführt werden und müssen automatisch gekennzeichnet bzw. geloggt werden.

### 4.4 Saldenausgleich

Für die aus statistischer Sicht notwendigen Anforderungen an den Algorithmus für den Saldenausgleich, die mit der Software umzusetzen sind, gelten folgende Anforderungen.

Vor der Hochrechnung müssen die Zähldaten einer Fahrzeugfahrt einem Saldenausgleich unterzogen werden, so dass die Summe der Einsteiger pro Fahrzeugfahrt gleich der Summe der Aussteiger je Fahrzeugfahrt ist und es keine negative Besetzung mehr gibt. Folgende Sonderfälle sind softwaretechnisch abzubilden:

- Berücksichtigung verketteter Fahrten innerhalb eines Umlaufs aufgrund von Sitzenbleibern
- Verarbeitung positiver rationaler Zahlen als Ein- und Aussteiger sowie Besetzungswerte
- Berücksichtigung von umlaufübergreifenden Sitzenbleibern

Zum Ausgleich von zufälligen Messfehlern sowie zur Plausibilisierung 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 Aussteiger korrigieren.

Der Saldenausgleichsalgorithmus darf nicht herangezogen werden, um eine aus anderen Gründen verursachte und demnach 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. Dafür ist es notwendig, unter Bezug auf Häufigkeitsklassen für Einsteiger und Aussteiger maximal zulässige relative und absolute Differenzen festzulegen, bei deren Überschreitung die Fahrt zu verwerfen ist. Diese Einstellungen im System müssen v. a. vor dem Hintergrund größerer relativer Differenzen zwischen Ein- und Aussteigern bei Fahrten im Berufsverkehr oder Tagesrandlagen mit überwiegend geringen Ein- und Aussteigerzahlen parametrierbar 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. Auch hier ist eine Parametrierung dieser Einstellung nötig (siehe oben).

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 Einsteiger-, Aussteiger- und Belegungswerte sowie
- den Saldenausgleich im engeren Sinne, d.h. im Sinne des Entferns einer positiven Endbesetzung (einer Fahrt bzw. bei Vorhandensein von „Sitzenbleibern“ einer Fahrtenkette)

zu sichern.

Hier ist ein Verfahren mit folgenden logischen Schritten gemäß VDV-Richtlinie 457 anzuwenden:

- a) Es werden grundsätzlich Aussteiger (A) an der 1. Haltestelle und Einsteiger (E) an der letzten Haltestelle mit Fahrgastwechsel auf 0 gesetzt, sofern planmäßig keine Fahrgäste im Fahrzeug verbleiben („Sitzenbleiber“). Im Falle von „Sitzenbleibern“ werden grundsätzlich Aussteiger (A) an der 1. Haltestelle mit Fahrgastwechsel der ersten Fahrt einer Fahrtenkette und Einsteiger (E) an der letzten Haltestelle mit Fahrgastwechsel der letzten Fahrt der Fahrtenkette auf 0 gesetzt.
- b) Bildung des Mittelwertes aus der Summe der Einsteiger und der Summe der Aussteiger und Korrektur des Differenzbetrages für Ein- und Aussteiger im Falle  $E \neq A$ 
  - nach dem Prinzip des mangelnden Grundes an allen Haltestellen oder
  - nach zufälliger Auswahl an zufällig ausgewählten Haltestellen oder

- nach Wahrscheinlichkeit der Belegung an Haltstellen mit den größten Ein- und Aussteigerzahlen.

c) Unterbindung negativer Belegungswerte

d) Unterbindung einer ankommenden Belegung, die kleiner ist als die Aussteiger

Wesentlicher Punkt des Algorithmus zum Saldenausgleich für die ausschließlich durch zufällige Messfehler entstandenen Saldendifferenzen ist hierbei die Entscheidung zur Korrekturhaltestelle.

#### 4.5 Transformationsquote

Bei einem Ausfall oder Teilausfall bzw. sonstiger Defekte des AFZ-Systems oder bei der Nichtverwertbarkeit der erhobenen Daten gilt der gesamte Zug als nicht erhoben und die entsprechenden Zählzeiten sind zu verwerfen. Unter Satz 1 fällt bereits der Ausfall / Teilausfall bzw. Defekte einzelner Komponenten im Sinne dieses Dokuments. In allen diesen Fällen ist ein mathematisch-statistisches Hochrechnungsverfahren anzuwenden.

Die Zählung und Datenaufbereitung muss mit hoher Zuverlässigkeit erfolgen, um eine ausreichende Anzahl verwertbarer Messungen zur Erfüllung der statistischen Vorgaben zu erhalten. Es müssen bei Vorgabe der korrekten Fahrplandaten mindestens 90% aller durchgeführten Fahrplanfahrten je Linie und je Monat vollständig zur Auswertung zur Verfügung stehen („Transformationsquote“). Die Erreichung dieser Quote ist den Aufgabenträgern gemäß **RB113\_3114\_Datenebergabe\_Erhebung** monatlich nachzuweisen. Dies umfasst auch eine monatliche Auflistung der nicht zur Auswertung zur Verfügung stehenden Fahrplanfahrten je Linie und Monat.

Die Einhaltung dieser Transformationsquote wird auf Basis der Soll-Fahrplanfahrten aus den Fahrplanprogrammen ermittelt. Unter einer Fahrplanfahrt wird hierbei eine Zugfahrt (= Kombination aus Zugnummer und Verkehrstag (Datum)) verstanden. Die Anzahl der Soll-Fahrplanfahrten entspricht der Anzahl derjenigen fahrplanmäßigen Fahrten, für die bei fehlerfrei arbeitendem AFZS verwertbare AFZS-Daten vorliegen müssten. Hierbei sind auch planmäßige Fahrplananpassungen (z. B. zusätzliche / entfallende Fahrten durch Fahrplananordnungen (Fplo) geregelte Abweichungen vom Jahresfahrplan) in die Ermittlung der Transformationsquote einzubeziehen.

Keine Soll-Fahrplanfahrten sind Zugfahrten, zu denen aufgrund kurzfristiger betrieblich bedingter Ausfälle, Störungen oder Umleitungen keine korrekten Fahrplandaten vorliegen. In diesem Fall ist die Bedingung der Vorgabe korrekter Soll-Fahrplandaten nicht gegeben. Fahrplanfahrten die mit Bussen – falls nicht Busse mit entsprechend kompatiblen AFZ zur Verfügung stehen – durchgeführt werden (z. B. SEV), sind im Sinne o. g. Regelung nicht in der Ermittlung der Transformationsquote einzubeziehen.

Werden für Fahrplanfahrten Triebzüge in Mehrfachtraktion eingesetzt, müssen für alle Fahrzeuge des Fahrzeugverbandes vollständig verwertbare Zählzeiten aus dem AFZS zur Auswertung zur Verfügung stehen,

Wird die Transformationsquote im Bewertungszeitraum (Kalendermonat) nicht erreicht, können die Auftraggeber eine Minderung des monatlichen Entgelts in Höhe von 200 € je Linie und Prozentpunkt der Unterschreitung vornehmen.

#### **4.6 Handzählungen**

Über Handzählungen ermittelte Zählraten (z. B. aus SEV) müssen über ein Handzählmodul o. ä. in der Datenmanagementsoftware oder Auswertungsssoftware erfasst werden können.

Die Zählergebnisse müssen direkt für die gewünschte Fahrt pro Haltestelle eingegeben oder über eine Schnittstelle automatisch importiert werden können.

Eingegebene Handzählraten müssen durch eine implementierte Funktion automatisch in Ist-Daten kopiert werden und müssen anhand einer Kennzeichnung, welche in Schnittstellen zu anderen Auswertungssystemen mit übergeben wird, als Handzählraten erkennbar sein.

#### **4.7 Zählgenauigkeit**

##### **4.7.1 Allgemeines zur manuellen Vergleichszählung**

- a) Die erforderliche Zählgenauigkeit des Automatischen Fahrgastzählsystems (AFZS) ergibt sich aus dem Verwendungszweck der zu gewinnenden Daten. Bei ihrer Festlegung sind positive Effekte des Fehlerausgleichs im Verlauf von Datenaggregationen zu berücksichtigen.
- b) Die Zählgenauigkeit des AFZ-Systems entscheidet sich bei der Zählung der Ein- und der Aussteiger an den Türen. Dabei können systematische Abweichungen bzw. Fehler (Tendenz zur Unter-/Überzählung) und zufällige Fehler auftreten. Systematische Zählfehler des AFZ-Systems sind vollumfänglich auszuschließen.
- c) Die Messfehler werden über die Vergleichszählungen auf den Linien des EVU im realen Linienbetrieb (mit und ohne Berücksichtigung eines Saldenausgleichs in einem nachgelagerten Auswertungssystem) festgestellt.

$$n = \frac{u_s^2 * V_{Abweichung}^2}{d_{rel}^2}$$

- d) Voraussetzung für die erste Vergleichszählung ist, dass das EVU gemeinsam mit dem AFZ-Lieferanten das System justiert und als einsatzbereit erklärt hat. Dies beinhaltet, dass das EVU sowohl alle Einstellungen der Fahrzeugtechnik (-hardware) als auch der Datenmanagementsoftware so vorgenommen und geprüft hat, dass die geforderte Zählgenauigkeit gemäß dieser Leistungsbeschreibung eingehalten wird. Die Methodik der Justierung ist vom EVU offenzulegen.
- e) Gelingt der Nachweis der Einhaltung der vereinbarten Zählgenauigkeit durch die erste Vergleichszählung nicht, so muss das EVU Nachbesserungen vornehmen und das AFZ erneut justieren (z. B. im Bereich Hardware, Software oder Parametereinstellungen). Die Messgenauigkeit des neu justierten AFZ ist auf

Grundlage einer erneuten Vergleichszählung nachzuweisen. Umfang und Methodik richten sich nach den Anforderungen für manuelle Vergleichszählungen.

#### 4.7.2 Stichprobenplanung

In Anlehnung an die VDV-Schrift 457, Version 2.1 (Stand: 04/2018), Kapitel 13.1.1 ist die Stichprobe für die manuelle Vergleichszählung zur Testierung der Messgenauigkeit des AFZS, insbesondere zum Nachweis der statistischen Unverzerrtheit auf Basis des Äquivalenztests gemäß nachfolgender Formel unter Annahme einer unendlichen Grundgesamtheit und unter Berücksichtigung des Fehlers 2. Art bzw. der statistischen Power auf Grundlage der Haltestellentürereignissen zu planen:

$$n \geq \left( z_{1-\frac{\alpha}{2}} + z_{1-\frac{\beta}{2}} \right)^2 * \left( \frac{v}{\Delta} \right)^2$$

wobei:

n Stichprobenumfang (Anzahl der zu erfassenden Haltestellentürereignisse)

v Standardabweichung

$\alpha$  Fehler 1. Art (auch Anwenderrisiko)

$1 - \alpha$  Fehler 2. Art (des Äquivalenztests, auch Herstellerrisiko)

$1 - \beta$  Statistische Power

$z_{1-\frac{\alpha}{2}}$  Quantil der Standardnormalverteilung

$z_{1-\frac{\beta}{2}}$  Quantil der Standardnormalverteilung

$\Delta$  Zulässige Abweichung des Erwartungswertes von o (auch als Verzerrung bezeichnet)

In Anlehnung an die VDV-Schrift 457, Version 2.1 (Stand: 04/2018), Kapitel 13.1.1 ergeben sich zu den Kenngrößen der Formel zur Bestimmung der Stichprobengröße der manuellen Vergleichszählung die nachstehenden Hinweise und Vorgaben:

n Diese Größe steht für die Anzahl der mindestens in der manuellen Vergleichszählung zu erfassenden Haltestellentürereignisse.

v Die Größe v kommt als Streuung der relativen Messfehler je Haltestellentürereignis zur Anwendung. Der Hersteller des AFZS ist aufzufordern, für die Stichprobenplanung der Vergleichszählung empirisch gesicherte Werte zur Maßzahl v zu übergeben. (Hinweis: Gemäß VDV-Schrift 457, Version 2.1 (Stand: 04/2018),



Kapitel 13.1.1 wird ein Wertebereich von  $v = 20 \%$  bzw. 0,2 bis  $v = 25 \%$  bzw. 0,25 empfohlen).

$\alpha$  Fehler 1. Art (Risiko des Anwenders) ist mit einer Größe von **bzw. 0,05** anzusetzen.

$1 - \alpha$  Maß für die Wahrscheinlichkeit, dass ein Fehler 1. Art nicht begangen wird. Unter Bezug auf bzw. 0,05 ergibt sich der Wert **0,95**.

$\beta$  Fehler 2. Art (Risiko des Herstellers) ist mit einer Größe von **bzw. 0,05** anzusetzen.

$1 - \beta$  Statistische Power als Maß für die Wahrscheinlichkeit, dass ein Fehler 2. Art nicht begangen wird. Unter Bezug auf bzw. 0,05 ergibt sich der Wert **0,95**.

$z_{1-\frac{\alpha}{2}}$  Quantil der Standardnormalverteilung: Der Wert kann Tabellen entnommen werden. Für dem Wert ergibt sich z. B. für das 97,5 % Quantil der Standardnormalverteilung ein Wert von **1,9559960** bzw. gerundet 1,96

$z_{1-\frac{\beta}{2}}$  Quantil der Standardnormalverteilung: Der Wert kann Tabellen entnommen werden. Für dem Wert ergibt sich z. B. für das 97,5 % Quantil der Standardnormalverteilung ein Wert von **1,9559960** bzw. gerundet 1,96

$\Delta$  Dieser Wert stellt die maximal zulässige Abweichung (Verzerrung) im Äquivalenztest dar. Als maximal zulässige Abweichung wird ein Wert von vorgegeben.

Die statistisch notwendige Größe der Stichprobe für die manuelle Erfassung ist dabei um 10% zu erhöhen, weil zu erwarten ist, dass nicht für alle manuell erfassten Ein- und Aussteiger auch tatsächlich automatisch gezählte Daten für die Vergleichsrechnung zur Verfügung stehen. Auch kann es sein, dass manuelle Daten aus qualitativen Gründen verworfen werden müssen (zu große Differenz zwischen Ein- und Aussteigern).

#### 4.7.3 Durchführung manueller Vergleichszählung

Die manuelle Vergleichszählung muss für alle ausgerüsteten Fahrzeuge auf ausgewählten Linien bzw. Fahrten vorgenommen werden, die das Netz nach Verkehrsaufkommen, Verkehrsablauf und Linienlänge repräsentieren. Die zu zählenden Fahrten sind zu schichten und zufällig auszuwählen. Damit ist zu sichern und verbindlich nachzuweisen, dass mit den erhobenen Fahrten das gesamte Netz nach Verkehrsaufkommen (d.h. einschließlich des Schülerverkehrs), Verkehrsablauf (zeitliche Lage der Fahrten, Verkehrstage) Tagesarten und Zeitschichten sowie Linienlänge repräsentativ erfasst wird.

Die Zählungen erfolgen im Linienbetrieb zwischen 5<sup>00</sup> und 20<sup>00</sup> Uhr.

Zählgrößen sind die Anzahl

- der Einsteiger und

- der Aussteiger

je Haltestelle und Tür.

Abgeleitet daraus werden

- die Zahl der beförderten Personen und
- die erzielte Verkehrsleistung in Pkm

je Fahrt.

Beim Vergleich der Ergebnisse mit den entsprechenden AFZ-Werten ist zu sichern, dass bei der Pkm-Ermittlung identische Entfernungswerte benutzt werden.

#### **4.7.3.1 Manuelle Vergleichszählung**

Im Interesse zuverlässiger Zählergebnisse werden die Zählpersonale sorgfältig ausgewählt, geschult und in der erforderlichen Anzahl, d.h. entsprechend dem erwarteten Verkehrsaufkommen, eingesetzt. Im Allgemeinen wird ein Zähler pro Tür eingesetzt, welcher sowohl Einsteiger als auch Aussteiger erfasst. Bei hohem Fahrgastaufkommen sind zwei Zähler pro Tür vorzusehen, welche jeweils Einsteiger bzw. Aussteiger erfassen. Im Zweifel müssen mindestens zwei Zähler pro Tür eingesetzt werden. Darüber hinaus wird empfohlen, zu Kontrollzwecken den Besatz zwischen den Halten zu zählen und zur Plausibilisierung der gezählten Ein- und Aussteiger heranzuziehen. Das Zählpersonal ist angewiesen, bei Zweifeln an seinen Zählergebnissen bzw. bei besonderen Ereignissen im Verkehrsablauf diese in den Zählbögen bzw. in dem elektronischen Erfassungsgerät zu vermerken.

Da die Ergebnisse der manuellen Vergleichszählung im statistischen Sinne als „fehlerfrei“ zu betrachten sind, gelten besondere Anforderungen für die Auswahl des Zählpersonals und für die Qualitätsprüfung der Daten. Zum Vergleich mit den automatisch gewonnenen Einsteiger- und Aussteigerzahlen werden nur diejenigen „manuellen“ Zählfahrten herangezogen, bei welchen die Summe der manuell gezählten Einsteiger und die Summe der manuell gezählten Aussteiger unter Berücksichtigung von Besatz vor / nach der Fahrt

- um nicht mehr als absolut 1 (bei bis zu 50 Einsteigern),
- um nicht mehr als absolut 2 (bei 51 bis 100 Einsteigern),
- um nicht mehr als absolut 3 (bei 101 bis 150 Einsteigern),
- um nicht mehr als absolut 4 (bei 151 bis 200 Einsteigern),
- und um nicht mehr als absolut 5 (bei über 200 Einsteigern)

abweichen und bei denen auch keine anderen, nicht plausibel zu korrigierenden Ungenauigkeiten in den Zähldaten vorliegen. Alle anderen Fahrten werden verworfen und zur Einhaltung der Stichprobe kurzfristig nacherhoben. Manuelle Nachkorrekturen auf dem Zählbogen bzw. in dem elektronischen Erfassungsgerät sind nicht zugelassen. Als sichere Lösung gilt der Ausschluss der Daten im Falle von Abweichungen.

Es werden alle einsteigenden bzw. aussteigenden Personen (also alle Einsteiger und alle Aussteiger), bei Sensoreinstellungen von z. B. 1 m mit Ausnahme von Kindern unter z. B. 1 m Größe gezählt. Das gilt auch für die Anfangs- und Endhaltestellen während der Pausenzeiten sowie für den Fahrer und das Zählpersonal. Gesonderte Pausenorte außerhalb der Anfangs- und Endhaltestellen (Entfernung mehr als 100m (parametrierbar)) wie z.B. Betriebshöfe werden erfasst, jedoch nicht der Zählerfahrt zugewiesen (ggf. Ausweisen als Zwischenhalt der Fahrt, wenn Unklarheit besteht, ob der Halt noch zur Zählerfahrt zuzurechnen ist). Hierbei werden alle Ein- und Aussteiger bis zur Zwischenabfrage (parametrierbar) und alle bis zur Abfahrt des Zuges getrennt gezählt. Fahrgäste, welche an einer Haltestelle ein- und gleich wieder aussteigen (z.B. Betriebspersonal), werden gesondert als „Ein-/ Aussteiger“ erfasst. Die Zähler selbst müssen sich auch mitzählen. Besonderheiten wie z.B. große Hunde, große Gepäckstücke, Kinderwagen, Kinder unter z.B. 1 m o. ä. werden gesondert erfasst bzw. im Zählbogen / Erfassungsgerät angemerkt.

Das Zählpersonal muss mindestens 15 Minuten vor der planmäßigen Abfahrtszeit an der planmäßigen Abfahrtshaltestelle bereitstehen. Es ist zu gewährleisten, dass die Zähler den kompletten Ein- und Aussteigevorgang an dieser Haltestelle erfassen können. Dies gilt insbesondere für Fahrtenketten, bei denen der Aussteigevorgang noch der vorherigen Fahrt zuzuordnen ist. Vom Verkehrsunternehmen mitgeteilte operative Veränderungen werden dabei beachtet.

Vor Beginn jeder Fahrt, d.h. vor Eintreffen an der planmäßig ersten Haltestelle der Fahrt ist der Besatz im Fahrzeug inkl. Fahrer zu bestimmen. Sollten die Zähler z. B. an der ersten Haltestelle erst selbst einsteigen, gehören sie zu den Einsteigern und nicht zum Besatz. Ansonsten sind die Zähler selbst als Besatz vor der Fahrt zu werten. Am Ende einer Fahrplanfahrt, d.h. nach der planmäßig letzten Haltestelle der Fahrt ist ebenfalls der Besatz inkl. Fahrer zu erfassen. Sollten die Zähler z.B. an der letzten Haltestelle selbst aussteigen, gehören sie zu den Aussteigern und nicht zum Besatz. Ansonsten sind die Zähler selbst als Besatz nach der Fahrt zu werten. Der Haltestellenbereich umfasst ca. 100 m (parametrierbar). Bei Fahrten, bei denen Fahrgäste im Fahrzeug nach Ende der Fahrt verbleiben („Sitzenbleiber“), ist der Besatz am Ende der Fahrt inkl. Fahrgästen zu erfassen und für die darauffolgende Fahrt im Besatz vor Beginn der Fahrt mit zu berücksichtigen.

Bei Doppelhaltestellen werden alle Ein- und Aussteiger der gleichen Haltestelle zugeordnet, auch wenn das Fahrzeug vorrückt und damit mehrfach die Tür öffnet. Bei unplanmäßigen Zwischenhalten werden die Ein- und Aussteiger in der Datenauswertung der nächstfolgenden Haltestelle zugeordnet. Der Zwischenhalt wird mit auf dem Zählbogen jedoch getrennt mit Ein- und Aussteigern angegeben.

Wichtig ist, dass Besonderheiten an Haltestellen (z.B. Pulkeinstieg, Drängeln, Anstehen, längeres Verweilen im Türbereich, Auslassen von Haltestellen usw.) oder allgemeine Besonderheiten (Verspätung, anderer Fahrweg usw.) entsprechend notiert und zugeordnet werden, so dass im Rahmen der Auswertung darauf zurückgegriffen werden kann. Wenn eine Verspätung von mehr als 15 Minuten an einer Haltestelle auftritt, wird dies im Zählbogen besonders gekennzeichnet (z.B. V = Verspätung über 15 Minuten).

Die Erfassung und Dokumentation der Ein- und Aussteiger sowie der Zusatzinformationen ist eindeutig vorzunehmen. Nachträgliche Korrekturen sind nicht zugelassen. Bei durchfahrenen Haltestellen ist für Ein- und Aussteiger jeweils ein gesondertes Zeichen oder Vermerk (z. B.: 999 = Angehalten, aber Tür nicht geöffnet; 901 = Durchgefahren), ansonsten die jeweilige Anzahl an Ein- und Aussteigern je Tür anzugeben. Das Verwechseln von Haltestellen ist zu vermeiden (z.B. Orientierung am Fahrgastinformationssystem). Unplausible Ergebnisse (z. B. ein Zähler notiert 1 Aussteiger, der andere Zähler notiert „durchgefahren“ für die Haltestelle) sind zu verwerfen.

Bei Endhaltestellen ohne getrennten Ein- und Ausstieg sind die Aussteiger der letzten Haltestelle der davorliegenden Fahrt und die Einsteiger der ersten Haltestelle der darauffolgenden Fahrt zuzuordnen unter Berücksichtigung von Ein- und Wiederaussteigern („E/A“). Grundsätzlich werden diese E/As an Anfangs- und Endhaltestellen dann saldiert, wenn diese nach einem parametrierbaren Zeitpunkt nach Ankunft (= Türöffnen) entstehen. E/A, welche dadurch entstehen, dass innerhalb eines parametrierbaren Zeitpunkts nach Ankunft (= Türöffnen) ausgestiegen wird und einem parametrierbaren Zeitpunkt nach Ankunft (= Türöffnen) wieder eingestiegen wird (oder umgekehrt), werden nicht saldiert. E/A innerhalb des parametrierbaren Zeitpunkts werden ebenfalls nicht saldiert. Die E/A werden wie „normale“ Einsteiger und Aussteiger behandelt (siehe auch Zuordnung zu vorhergehender und Folgefahrt). Die Zähler sollten an Anfangs- und Endhaltestellen soweit möglich immer im Fahrzeug verbleiben. Sollten die Zähler dennoch ein- und aussteigen, müssen sie sich selbst auch mitzählen. Sie müssen jedoch bis zu einem parametrierbaren Zeitpunkt nach Ankunft (= Türöffnen) bei Anfangs- und Endhaltestellen noch selbst im Fahrzeug verbleiben. Damit sollen Fehler an Endstellen bei der Verarbeitung von E/A vermieden werden.

Durch das EVU ist zu gewährleisten, dass die automatisch gezählten Daten aus der Datenmanagementsoftware in ein für MS Excel oder MS Access lesbares Format gebracht und automatisch exportiert werden.

Vom AFZ bereitgestellte Daten sind:

- die türscharfen Einsteiger- und die Aussteigerzahlen, die nach Transformation der Messdaten an der Zähldatenexport-Schnittstelle zur Auswertungssoftware vor der Anwendung eines Saldenausgleichsverfahrens bereitgestellt werden,
- die fahrzeugscharfen Ein- und Aussteigerzahlen, die nach Anwendung eines Saldenausgleichsverfahrens an der Zähldatenexport-Schnittstelle bereitgestellt werden,
- die gemäß Fahrplanprogramm hinterlegten Entfernungen zwischen den Haltestellen,
- die Identifikationsmerkmale der Zählfahrten (Linie, Richtung, Datum, Abfahrtszeit, Zugnummer, Fahrzeug, Haltestellenabfolge).

#### 4.7.3.2 Vergleichszählung mit (Video)Bildaufzeichnungen

Die Durchführung der Vergleichszählungen mit (Video)Bildaufzeichnungssystemen ist grundsätzlich zulässig, sofern diese eine zweifelsfreie Erkennung einer einzelnen Person bzw. eines definierten Zählobjekts an sich und seiner natürlichen Bewegung mindestens in der Qualität von Videotechnologien nach dem heutigen Stand der Technik ermöglichen. Nicht zulässig sind Systeme, welche eine weiteren (software)logischen Interpretation o. ä. bedürfen, um festzustellen, dass es sich um eines der vorgenannten Objekte handelt.

Für die Durchführung der Vergleichszählung mit (Video)Bildaufzeichnungssystemen sind die in VDV-Schrift 457 Version 2.1 (Stand: 04/2018), Kapitel 13.3.3 definierten Anforderungen maßgeblich.

Die Bestimmungen der Datenschutzgrundverordnung sind einzuhalten.

#### 4.7.4 Meßgenauigkeit

Bezugsgesamtheit für den Nachweis der Meßgenauigkeit ist die Summe der zugscharfen Haltestellentürereignisse (Wertepaare:  $E_{\text{automatisch}}$  zu  $E_{\text{manuell}}$  bzw.  $A_{\text{automatisch}}$  zu  $A_{\text{manuell}}$ ) je Fahrzeugkategorie.

Um die Zählgenauigkeit des AFZ zu bestimmen, werden Zählfahrten mit manueller Zählung der Einsteiger und der Aussteiger durchgeführt. Zum Vergleich mit den automatisch gewonnenen Einsteiger- und Aussteigerzahlen werden nur diejenigen „manuellen“ Zählfahrten herangezogen, welche o. g. Restriktionen erfüllen.

Je Zählfahrt wird sowohl für die Einsteiger als auch für die Aussteiger die relative Differenz

$$\Delta i_{\text{rel}} = \frac{|P_a - P_m|}{P_m} \cdot 100\% /$$

bestimmt.

In ihr bedeuten

$P_a$  - die automatisch erfasste Personenzahl (Einsteiger bzw. Aussteiger) und

$P_m$  - die entsprechende manuell erfasste Personenzahl der Zählfahrt.

In Anlehnung an VDV-Schrift 457, Version 2.1 (Stand: 04/2018) wird für die Meßgenauigkeit des AFZS auf der jeweiligen Nachweisebene bezogen auf die Kenngrößen „Verkehrsmenge“ (P) und „Verkehrsleistung“ (Pkm) gefordert:

- a. Die Differenzen der Summen der automatischen Zählwerte aller Halte darf jeweils für die Ein- und für die Aussteiger für alle Messfahrten zusammen +/- 1 Prozent der manuellen Zählwerte nicht übersteigen (Test: Globale Unverzerrtheit).

- b. b1) Es dürfen nicht mehr als 5 Prozent aller Haltestellentürereignisse fehlerhaft sein, wobei dieses als fehlerhaft gilt, wenn dessen Abweichung mehr als ein Drittel (33,3 Prozent) und gleichzeitig mehr als eine Person beträgt (Test: Einzelabweichungen auf Ebene Haltestellentürereignisse).
- oder
- b2) Es dürfen nicht mehr als 5 Prozent aller Halte fehlerhaft sein, wobei ein einzelnes Ergebnis aller Türen eines Zählfahrzeuges an einem Halt als fehlerhaft gilt, wenn die Abweichung mehr als 20 Prozent des manuellen Wertes und mehr als eine Person beträgt (Test: Einzelabweichungen auf Ebene Halte).
- c. Es ist der statistische Test auf systematische Fehler vor Saldenausgleich durchzuführen. Das Prüfkriterium ist für Einsteiger und Aussteiger getrennt auszuweisen. Der Test ist bestanden, wenn das Vertrauensintervall für die Zählerdifferenzen bei Ein- bzw. Aussteigern auf Fahrtebene den Wert Null einschließt und somit keine Verzerrung vorliegt (Test: Systematischer Fehler vor Saldenausgleich).
- d. Der Gesamtfehler darf für die Verkehrsmenge P (Beförderungsfälle) für alle Messfahrten zusammen  $\pm 1$  Prozent nicht übersteigen (Test: Abweichungen der Beförderungsfälle).
- Basis für den Vergleich bilden die Summen der Einsteiger AFZ nach Berücksichtigung des Wartesaaleffektes sowie nach Saldenausgleich und die Summe der Einsteiger aus der manuellen Vergleichszählung über alle Halte der Zählfahrten.
- e. Der Gesamtfehler darf für die Verkehrsleistung Pkm (Personenkilometer) für alle Messfahrten zusammen  $\pm 1$  Prozent nicht übersteigen (Test: Abweichungen der Personenkilometer).
- Basis für den Vergleich bilden die Summen der Personenkilometer AFZ und die Summe der Personenkilometer aus der manuellen Vergleichszählung über alle Halte der Zählfahrten. Zur Berechnung der Personenkilometer AFZ werden die Abschnittsbesetzungen, ermittelt aus den AFZ Ein- und Aussteigerzahlen nach Berücksichtigung des Wartesaaleffektes sowie nach Saldenausgleich, mit den Abschnittsentfernungen multipliziert. Zur Berechnung der Personenkilometer aus der manuellen Vergleichszählung werden die Abschnittsbesetzungen ermittelt aus den manuell gezählten Ein- und Aussteigerzahlen, mit den Abschnittsbesetzungen multipliziert.
- f. Es ist der statistische Test auf systematische Fehler nach Saldenausgleich durchzuführen. Das Prüfkriterium ist für die Kenngrößen P (Beförderungsfälle) und Pkm (Personenkilometer) getrennt auszuweisen. Der Test ist bestanden, wenn das Vertrauensintervall bei den Beförderungsfällen P und den Personenkilometern Pkm Fahrtebene den Wert Null einschließt und somit keine Verzerrung vorliegt (Test: Systematischer Fehler nach Saldenausgleich).

Die Überprüfung, ob die Zählgenauigkeit erreicht wurde, erfolgt mit einer Stichprobe entsprechend den o. g. Anforderungen an Stichprobenfehler und statistische Sicherheit, deren netz- und verkehrstypische Auswahl durch das EVU gesichert werden muss.

Die Zählgenauigkeit für P und Pkm muss für die Laufzeit des Verkehrsvertrages gewährleistet werden.

#### 4.7.4.1 Test: Systematischer Fehler vor Saldenausgleich (Äquivalenztest)

Gemäß **Abschnitt 4.7.4.. Punkt c.** ist zu prüfen, ob die Zählergebnisse des Sensors vor Saldenausgleich frei von systematischen Messfehlern (bzw. statistisch unverzerrt) sind.

In Anlehnung an die VDV-Schrift 457 Version 2.1 (Stand: 04/2018) wird dazu als statistisches Verfahren der Äquivalenztest angewandt, welcher auf den in **Abschnitt 4.7.2** bereits spezifizierten Kenngrößen sowie auf der theoretischen Annahme einer Normalverteilung für die empirische Häufigkeitsverteilung der Messwerte basiert.

Die Nachweisführung und direkte Prüfung, ob das Konfidenzintervall im Äquivalenzbereich liegt, erfolgt auf Basis des Äquivalenztest gemäß der Formel

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

Die Größen sind:

- $\bar{D}$  Mittelwert der relativen Differenzen der Messwerte aus automatischer und manueller Zählung. Hierzu sind die absoluten Differenzen zwischen automatisch und manuell erfassten Messwerten (separat für Ein- und Aussteiger) je Haltestellentürereignis zu erfassen, der Mittelwert zu berechnen und anschließend durch die Anzahl der manuell gezählten Einsteiger bzw. Aussteiger zu dividieren.
- $z_{1-\frac{\alpha}{2}}$  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  $[-\Delta, +\Delta]$  liegt.

#### 4.7.4.2 Test: Systematischer Fehler nach Saldenausgleich (t-Test)

Gemäß Abschnitt 4.7.4cf4.7.4 ist zu prüfen, ob die Zählergebnisse unter Berücksichtigung des Wartesaaleffektes sowie nach Saldenausgleich frei von systematischen Messfehlern (bzw. statistisch unverzerrt) sind.

Ausgangspunkt ist die Existenz von zwei (paarweise verbundenen) Stichproben, die aus zwei Messungen im Rahmen der durchgeführten Vergleichszählung

- manuell erfasste Personenzahl und
- automatisch erfasste Personenzahl

an denselben Untersuchungseinheiten (Fahrten) gemessen werden und hinsichtlich ihrer statistischen Unverzerrtheit zu prüfen sind.

Dazu werden die absoluten Differenzen

$$(3) \quad \Delta i = P_a - P_m$$

mit

- $P_a$  = 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)

hinsichtlich eines systematischen Fehlers (bzw. ihrer statistischen Unverzerrtheit) geprüft.

In die Berechnungen gehen ein:

- Anzahl der vorliegenden Wertepaare (Ermittlung des Freiheitsgrades)
- Arithmetischer Mittelwert der Differenzen der Messwerte aus automatischer u. manueller Zählung
- Standardabweichung der Differenzen der Messwerte aus automatischer u. manueller Zählung.

Für den arithmetischen Mittelwert der absoluten Differenzen der Messwerte aus automatischer u. manueller Zählung wird mit Hilfe des zugehörigen Stichprobenfehlers der Vertrauensbereich für die statistische Sicherheit ( $S \geq 95\%$  bzw. 0,95) ermittelt.

$$(4) \quad d_a = t_{n,\alpha} \cdot \frac{s}{\sqrt{n}}$$

- $n$ : Stichprobenumfang (Anzahl der Fahrten) im Erhebungszeitraum
- $s$ : Standardabweichung  $\Delta$  Messwerte automatischer u. manueller Zählung
- $t_{n,\alpha}$ : Tabellenwert der t-Verteilung (Studentverteilung)
- $d_a$ : Stichprobenfehler



Für diesen arithmetischen Mittelwert der absoluten Differenzen wird mit Hilfe des zugehörigen Stichprobenfehlers aus (4) der Vertrauensbereich für die jeweilige statistische Sicherheit ermittelt. Dazu werden oberer und unterer Grenzwert des Mittelwertes als Vertrauensbereich gebildet. Schließt der Vertrauensbereich den Wert Null nicht ein, so ist die Existenz eines systematischen Fehlers nachgewiesen.

Bei Nichteinhaltung des vorgegebenen zufälligen Messfehlers oder bei Nachweis eines systematischen Fehlers ist die Systemabnahme zu verweigern.

Wenn durch den t-Test eine statistische Verzerrung nachgewiesen wird, indem der Vertrauensbereich den Wert Null nicht einschließt, so kann das System nach einer gutachterlichen Bewertung dennoch abgenommen werden, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

- 1) Einhaltung der Schranken gemäß Abschnitt 4.7.4 Punkte a (Test: Globale Unverzerrtheit) und b (Test: Einzelabweichungen).
- 2) Einhaltung des Grenzwertes für den Mittelwert der Abweichungen aus automatischer und manueller Zählung mit  $\bar{x} < 0,5$ .
- 3) Einhaltung des Grenzwertes für die Standardabweichung der Differenzen der Messwerte aus automatischer und manueller Zählung mit  $S < 0,5$ .
- 4) Einhaltung der zulässigen Abweichung zwischen den unteren bzw. oberen Vertrauensgrenzen zum Wert Null mit max. 1 Prozent.

#### **4.7.5 Bereitstellung eines kalibrierten Systems**

Das EVU ist für die ordnungsgemäße technische Funktionsfähigkeit und zugesicherten Genauigkeitskriterien des Systems gemäß dieser Leistungsbeschreibung verantwortlich (Einstellung der Hardware, Software).

#### **4.7.6 Prüfung Gesamtergebnisse**

Im Rahmen der Prüfung der Gesamtergebnisse wird die durchgängige Funktion des Hintergrundsystems im Kontext mit der Übernahme und Verarbeitung der Rohdaten (Transformationen) und Korrekturen bzw. Plausibilisierung (Saldenausgleich) und Hochrechnungen im Gesamtsystem des automatischen Fahrgastzählsystems geprüft und nach erfolgtem Nachweis der Funktionsfähigkeit von den Aufgabenträgern bestätigt.

Insofern wird geprüft, inwieweit aus originären Daten zur Verkehrsmenge (P) und Verkehrsleistung (Pkm), die in einer Vergleichszählung im Rahmen einer Stichprobe ermittelt werden, über die gesamte Prozesskette erwartungsgetreue Schätzwerte für die Grundgesamtheit der Verkehrsmenge (P) und Verkehrsleistung (Pkm) erzeugt werden. Diese Prozesskette wird im Rahmen des Nachweises der Zählgenauigkeit überprüft.

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

- Rohdatenprüfung und -transformation

- Zähldataufbereitung (Saldenausgleich)
- Hochrechnung

wird ein Testszenario auf Basis der Daten der Vergleichszählung zur Messgenauigkeit in folgender Form zur Anwendung kommen:

### **Stufe 0 - Messgenauigkeit**

Durchführung einer Vergleichszählung zur Prüfung der Messgenauigkeit

*Ziel:* Prüfung der Einhaltung der Messgenauigkeit an den Sensoren

Die detaillierte Methodik ergibt sich aus dem Kapitel 4.7

*Ergebnis:* Testierter Nachweis der Zählgenauigkeit

### **Stufe 1 – Daten der Systeme der Automatischen Fahrgastzählung**

Berechnung der aus der Stichprobe zur Vergleichszählung ermittelten Verkehrsmenge / Verkehrsleistung der AFZ über alle Stufen der Prozesskette

*Ziel:* Nachweis zur Erreichung erwartungsgerechter Schätzwerte für die Grundgesamtheit  $P$  /  $P_{km}$  bezogen auf einen definierten Zeitraum (z.B. Zählperiode)

*Ergebnis:* Nachweis eines statistisch gesicherten Schätzwertes sowie aller relevanten statistischen Kenngrößen nach Prozesskette mit den Stufen

**Stufe 1.1** Übernahme der Rohdaten

**Stufe 1.2** Transformation (Transformationsquote)

**Stufe 1.3** Saldenausgleich

**Stufe 1.4** Hochrechnung (nach Linien)

**Stufe 1.5** Berechnung der erwartungsgerechten Schätzwerte  $P$  und  $P_{km}$  im Kontext mit Aussagen zu statistischen Kenngrößen

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

### **Stufe 2 – manuelle Hochrechnung**

Verprobung der mit der Auswertungssoftware berechneten Ergebnisse mit einer manuellen Hochrechnung bzw. einer Hochrechnung in bereits bei den Aufgabenträgern / Verkehrsverbünden vorhandenen Systemen.

*Ziel:* Durchführung einer statistisch konsistenten manuellen Hochrechnung von der Stichprobe der manuellen Vergleichszählung auf die Grundgesamtheit

*Ergebnis:* Vergleich der manuell ermittelten mit den von der Auswertungssoftware ermittelten Schätzwerten

Dabei wird für den Bezugszeitraum (z.B. Zählperiode) hochgerechneten Wert der in der Datenmanagementsoftware und Hochrechnungssoftware verarbeiteten technisch gezählten AFZ-Daten aus der Stichprobe der Vergleichszählung das Konfidenzintervall anhand des berechneten Stichprobenfehlers gebildet. Das Konfidenzintervall darf maximal  $\pm 5\%$  betragen, ansonsten ist eine Vergrößerung der Stichprobe notwendig. In gleicher Weise wird für den hochgerechneten Wert der manuell gezählten Daten der Stichprobe der Vergleichszählung das Konfidenzintervall anhand des berechneten Stichprobenfehlers gebildet. Das Konfidenzintervall darf auch hier maximal  $\pm 5\%$  betragen, ansonsten ist eine Vergrößerung der Stichprobe notwendig. Abnahmekriterium ist dabei, dass sich beide Konfidenzintervalle unter Berücksichtigung des maximal zulässigen Messfehlers von  $\pm 1\%$  überschneiden müssen.

### **Option Stufe 1 und 2 – Verwendung von Daten aus AFZS-Echtbetrieb**

Es ist zulässig, die in den Stufen 1 und 2 beschriebenen Prozessketten mit Daten aus dem AFZS-Echtbetrieb durchzuführen. Hierbei ist zwingend sicherzustellen, dass die den manuellen Berechnungen (Stufe 1) und die in der Auswertungssoftware durchzuführenden Berechnungen (Stufe 2) zugrunde liegenden Eingangswerte vollständig identisch sind. Dies betrifft insbesondere die vollständige Übereinstimmung der den Berechnungen zugrunde liegenden:

- AFZS-Rohdaten
- Grundgesamtheit / Bezugszeitraum
- Zugkonfigurationen
- Schichtungen

## **5 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 AFZ-Lieferanten und dem EVU abgestimmt werden.

## **6 Funktionsprüfungen im laufenden Betrieb**

Während des Betriebes muss sich das System ständig selbst überprüfen und das Auftreten und das Beenden von Störungen selbständig erkennen.

Bei Abweichungen einzelner Systembausteine von den ordnungsgemäßen Funktionen muss eine Fehlermeldung (Fehlercode) in den Rohdaten erzeugt werden. Diese muss anschließend in der Datenmanagementsoftware angezeigt und durch den Anwender interpretierbar sein.

Fehler der Fahrzeugausrüstung müssen bei jedem Zählvorgang in den Rohdaten mit aufgenommen werden.

Die durchgeführten Prüfungen, deren Auslöser und die Erkennbarkeit in den vom Fahrzeug kommenden Daten müssen Teil der Dokumentation sein.

Die in den Rohdaten aufgezeichneten Systemfehler müssen durch ein geeignetes System vollautomatisch an den Anwender am Auswerte-PC übertragen werden, sobald die tägliche Rohdatenentsorgung erfolgt. Hierzu ist ein geeignetes Verfahren vorzuschlagen, welches keine weiteren laufenden Kosten verursacht.

Das Ende einer Störung muss in den Rohdaten aufgezeichnet werden.

Funktionsstörungen des Zentralgeräts müssen als Fehler erkannt und im Zentralgerät aufgezeichnet werden.

## **7 Bereitstellung der Daten**

Im Rahmen der Inbetriebnahme der Automatischen Fahrgastzählsysteme wird es mehrere Stufen der Abnahme geben. Da bestimmte Prüfungen des AFZ erst im laufenden Betrieb erfolgen können, gelten hier folgende Vorgaben für die Bereitstellung von Daten aus den AFZ.

### **7.1 Lieferung von Rohdaten und Zählfahrten**

Spätestens 3 Monate nach Betriebsaufnahme muss das Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU)

- gegenüber den Aufgabenträgern die „Freigabe zur Durchführung von Vergleichszählungen zum Nachweis der Messgenauigkeit“ (siehe Kapitel 4.7.1) **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** erklären und
- AFZ-Zählzeiten für die Vergleichszählungen bereitstellen.

Anschließend erfolgt das im Kapitel 4.7 beschriebene Verfahren zur Überprüfung der Messgenauigkeit.

Das AFZS-Testierungsverfahren ist zu den in **RB113\_3110\_Erhebung, Kapitel 11.2.2, Punkt (4)** genannten Terminen abzuschließen. Im Fall dies nicht gelingt, gelten die Regelungen gemäß **RB113\_3110\_Erhebung, Kapitel 11.2.2, Punkt (11)** sowie **RB113\_3112\_Spezifikation\_SEV**.

### **7.2 Sonstige Abnahmen**

Dem zu beauftragenden Gutachter müssen die Protokolle für folgende Teile der Abnahme vorgelegt werden:

- Datenmanagementsoftware,
- Schnittstellen Netz- und Fahrplandaten,
- Auswertungs- und Hochrechnungssoftware

- Schnittstelle Datenübergabe an Aufgabenträger

Folgende Punkte müssen im Rahmen der Abnahme der o. g. Softwarekomponenten geprüft werden. Diese müssen bei der Prüfung durch einen zu beauftragenden Gutachter berücksichtigt werden:

- Import und konsistente Verarbeitung der Fahrplandaten (u. a. auch Richtigkeit der Fahrplandaten gemäß Sollfahrplan)
- Import von Rohdaten und Rohdatenprüfung / Fehleranalyse
- Prüfung der die Zählzeiten beeinflussenden Parameter bzw. Konfigurationen (v. a. im Hinblick auf die Sicherstellung und Vermeidung der Manipulierbarkeit der Zählzeiten, ausreichendes Aufzeichnen (Logging) dieser Parameter)
- Rohdatentransformation, insbesondere Sicherstellung der Zuordnung der Rohdaten zu korrekten Fahrplandaten, Vermeidung nicht dokumentierter Änderungen der Zählzeiten, Vermeidung der systematischen Verwerfung von Daten
- Ermittlung der Zählzeiten vor und nach dem Saldenausgleichsverfahren
- Hochrechnung der Zählzeiten gemäß den in der Leistungsbeschreibung definierten Vorgaben
- Datenexport gemäß den Vorgaben der Leistungsbeschreibung
- Prüfung der durchgängigen Funktionsweise und des Zusammenspiels aller Module sowie der durchgängigen Verarbeitung der Roh- / Zählzeiten