

Wettbewerbsprojekt Mittelthüringer Akku-Netz (MAN)

## **Anlage LB–9.1**

Anforderungen an AFZS

Quelle: TLBV, Referat 37 | Schienenpersonennahverkehr

---

# Inhaltsverzeichnis

1	Grundlagen, Erhebungskonzept, Testate .....	3
1.1	Allgemeines .....	3
1.2	Erhebungskonzept .....	3
1.3	Konzept zur Zählung von SEV .....	4
1.4	Testate zum AFZS .....	4
2	Systemkomponenten.....	6
3	Software.....	7
3.1	Grundsätze .....	7
3.2	Schnittstellen allgemein.....	7
3.3	Schnittstelle Fahrplanprogramme.....	8
3.4	Software Hochrechnung.....	9
3.5	2.4 Verwaltung der Soll- und Istdaten.....	11
3.6	Allgemeine Schnittstelle von Soll- und Istdaten .....	12
4	Ermittlung von Zähldaten.....	12
4.1	Fahrzeugausrüstung .....	12
4.2	Haltestellenerkennung, Ortung.....	14
4.3	Datenerfassung.....	14
4.4	Aufzuzeichnende Daten .....	15
4.5	Datenübertragung .....	15
5	Verarbeitung der Zähldaten in der Datenmanagementsoftware.....	16
5.1	Allgemeines .....	16
5.2	Verarbeitung der Soll-Daten .....	17
5.3	Rohdatenprüfung .....	17
5.4	Datenaufbereitung.....	18
5.5	Saldenausgleich.....	21
5.6	Handzählungen.....	22
5.7	Erfüllungsquote .....	23
6	Zählgenauigkeit .....	23
6.1	Allgemeines zur Vergleichszählung.....	23
6.2	Stichprobenplanung .....	24
6.3	Durchführung der Vergleichszählung .....	26
6.4	Prüfung der Messgenauigkeit.....	29
6.5	Bereitstellen eines kalibrierten Systems .....	31
6.6	Prüfung der Gesamtergebnisse.....	32
6.7	Sicherstellung der Zählgenauigkeit während der Vertragslaufzeit .....	33
7	Manuelle Zählungen.....	33
7.1	Ersatzzählungen bei Nichtverfügbarkeit des AFZS.....	33
7.2	Schienenersatzverkehr (SEV) .....	34
7.3	Schichtungsstruktur und Stichprobe .....	35
7.4	Hochrechnung.....	36
8	Einbaubedingungen .....	36
8.1	Allgemeines .....	36
8.2	Prüfgerät .....	36
8.3	Funktionsprüfungen im laufenden Betrieb .....	36
9	Bereitstellung der Daten .....	37
9.1	Lieferung von Zähldaten.....	37
9.2	Sonstige Abnahmen.....	37

# 1 Grundlagen, Erhebungskonzept, Testate

## 1.1 Allgemeines

Für verkehrsplanerische Belange ist vom EVU eine Auswertung der Kenndaten über Fahrgastzählungen mit Hilfe von Automatischen Fahrgastzählssystemen (AFZS) vorzunehmen.

Die Fahrgastzählung hat das EVU über den Einsatz von AFZS zu realisieren. Hierzu sind alle Fahrzeuge mit AFZS auszustatten. Eine getrennte Erfassung der Verkehrsnachfrage nach 1. und 2. Wagenklasse mittels AFZS ist nicht notwendig. Die Anforderungen für die Einrichtung von AFZS in den Fahrzeugen sind im Folgenden beschrieben und vom EVU für das gesamte Bediengebiet zu erfüllen. Im Bei Nichtverfügbarkeit des AFZS, beispielsweise im Zeitraum zwischen Betriebsaufnahme und Abnahme des AFZS, und im Fall der Notwendigkeit eines Einsatzes von Schienenersatzverkehr sind manuelle Ersatzzählungen vorzunehmen. Hierzu gelten die Ausführungen in Kapitel 7.

Die Durchführung sowie die Vor- und Nachbereitung der Zählungen erfolgt auf Kosten des EVU. Das umfasst insbesondere die Einstellung und Abnahme der automatischen Zählgeräte sowie die Plausibilitätsprüfung der erhobenen Daten.

Das EVU hat die erforderlichen Prozesse zur Beschaffung und die Inbetriebnahme der Automatischen Fahrgastzählssysteme sowie die notwendigen Nachweisführungen in enger Abstimmung mit dem Auftraggeber durchzuführen.

## 1.2 Erhebungskonzept

Das EVU hat mit dem Angebot folgende Aussagen zum angebotenen AFZS zu treffen:

- Beschaffungserfordernis der Systemkomponenten (d. h. Neuanschaffung oder Weiternutzung/Anpassung bestehender Komponenten) bzgl. aller in Abschnitt 2 genannten Systemkomponenten
- Kosten für die Beschaffung bzw. Anpassung und den Betrieb der Automatischen Fahrgastzählssysteme, Personalbedarf, Kosten für die Vergleichszählung
- Übersicht der kalkulierten Kosten für die Beschaffung, der Inbetriebnahme und des Betriebs, Ersatzbeschaffungen aufgrund der kalkulatorischen Abschreibungsdauer.

Spätestens 12 Monate vor Betriebsaufnahme hat das EVU ein Konzept der Erhebung von Zähldaten mittels AFZS vorzulegen. Ziel dieses Konzeptes ist es, das vorgesehene Automatische Fahrgastzählssystem vom Grundsatz her zu beschreiben. Es werden Aussagen u. a. zu den folgenden Themen erwartet:

- Angaben zur Messtechnik (Sensorentyp, Sensorenanzahl je Tür, Verarbeitung im Fahrzeug)
- Angaben zum Einbau, der Einbindung ins Fahrzeug und Datenübertragung
- Angaben zum Hintergrundsystem der Datenaufbereitung (Anbieter, Funktionsweise der Software, Verarbeitungsschritte der Rohdaten und Zähldaten, Einbindung und Sicherstellung der Aktualität von Fahrplandaten, Korrektur- und Ausgleichsverfahren, Fehlerdiagnosesystem, Vollständigkeit bzw. noch notwendiger Programmieraufwand)
- Angaben zur Auswerte- und Hochrechnungssoftware (Anbieter, Verarbeitungsschritte der Zähldaten, Vollständigkeit bzw. noch notwendiger Programmieraufwand)

- Angaben zu Schnittstellen zur Einbindung externer Daten bzw. Ausgabe von Daten an externe Systeme sowie interner Schnittstellen
- Vergleichszählung zum Nachweis der Zählgenauigkeit (Zeitraum, Umfang, Methodik)
- manuelle Zählungen (SEV-Zählungen und AFZS-Ersatzzählungen), insbesondere Erhebungsmethodik, Verfahren der Stichprobenplanung einschließlich Zufallsauswahl, Organisation und Durchführung der Feldarbeit, Datenverarbeitung bis zum Import in die Hochrechnungssoftware

Ferner ist darzustellen, wie auf den einzelnen Ebenen der Roh- bzw. Zähldatenverarbeitungsschritte eine Manipulation bzw. manuelle Bearbeitungsmöglichkeit der Daten ausgeschlossen wird. Dabei ist auf die einzelnen Verarbeitungsschritte und die ergriffenen technischen Maßnahmen einzugehen. Eine Offenlegung von Verschlüsselungen ist nicht notwendig.

Die im Folgenden jeweils geforderten Leistungen stellen Mindestanforderungen dar. Das EVU ist berechtigt, höhere Qualitäten verbindlich anzubieten. Das vorgelegte Erhebungskonzept gilt während der Laufzeit des Verkehrsvertrages und ist bei Bedarf einvernehmlich fortzuentwickeln.

### **1.3 Konzept zur Zählung von SEV**

Das EVU hat spätestens zwölf Monate nach Betriebsaufnahme ein Konzept zur Methodik der Zählungen im SEV vorzulegen, das mindestens die folgenden Bestandteile enthält:

- a) Verfahren der manuellen Zählung im Fall von SEV gemäß den Vorgaben im Kapitel 7
- b) Einhaltung der statistischen Qualität der manuellen SEV-Zählungen gemäß den Vorgaben im Kapitel 7 anhand dreier repräsentativer SEV-Fälle im vertragsgegenständlichen Netz

### **1.4 Testate zum AFZS**

Im Rahmen der Einführung des AFZS sind folgende Gutachten bzw. Testate vorzulegen:

#### **Testat T1 zur Verwendbarkeit des Automatischen Fahrgastzählsystems, vorzulegen vor Betriebsaufnahme:**

- a) Testat zum Nachweis der Datenkonsistenz und Manipulationssicherheit des Gesamtsystems (z. B. Datenfluss, Pflege und Einbindung von Fahrplandaten, Zuordnung der Zählungen, Übergabe an Auswertungssoftware),
- b) Testat, dass die vom EVU ausgewählte Auswerte- und Hochrechnungssoftware die Anforderungen an automatische Fahrgastzählsysteme und die vorgegebenen Bedingungen zum Hochrechnungsverfahren erfüllt,
- c) Testat zum Verfahren bei Anwendung von Ausgleichsfaktoren (z.B. Saldenausgleich, Gütekontrolle mit Verwerfung von Fahrten usw.) einschließlich Offenlegung aller zur Anwendung vorgesehenen Ausgleichsverfahren zur Prüfung und Bestätigung durch den Auftraggeber

**Testat T2 zur Verwendbarkeit des Automatischen Fahrgastzählsystems, vorzulegen spätestens zwölf Monate nach Betriebsaufnahme:**

- a) Im Fall der Notwendigkeit von empirisch basierten Systemkalibrierungen: Testierung des Verfahrens der empirischen Ermittlung der Kalibrierungsfaktoren sowie deren Ergebnisse,
- b) Nachweis der Zählgenauigkeit auf Grundlage einer ersten Vergleichszählung und im Falle der Nichteinhaltung der Messgenauigkeit ggf. weiterer zur Nachweisführung der Erreichung der vorgegebenen Messgenauigkeit notwendiger Vergleichszählungen (umfasst Methodik, Planung Durchführung und die Auswertung der Vergleichszählungen), einschließlich Hochrechnungsergebnisse und Transformationsquote gemäß den Vorgaben in Kapitel 6

Im Fall, dass die vom EVU vorgesehenen Verfahrensweisen, Datenbankmanagement- und Hochrechnungssoftware im Rahmen anderer SPNV-Netze durch externe, vom EVU rechtlich unabhängigen Gutachter testiert wurden, so werden diese Testate für die genannten Sachverhalte vom Auftraggeber unter nachfolgenden Voraussetzungen anerkannt:

- Das betreffende Testierungsverfahren wurde im Jahr 2023 oder später durchgeführt.
- Die anzuerkennenden Testate sowie die der Testierung zugrunde liegenden Anforderungskataloge werden dem Auftraggeber vorgelegt.
- Das EVU bestätigt, dass das Gesamtsystem seit der Testierung ohne Unterbrechung und bzgl. der in den Testaten T1 und T2 enthaltenen Sachverhalte unverändert von ihm betrieben wird.
- Ein externer, vom EVU unabhängiger Gutachter testiert vor Betriebsaufnahme, dass die anzuerkennenden Testate und Anforderungskataloge die Vorgaben dieser Leistungsbeschreibung vollumfänglich erfüllen.
- Die vorgenannten Voraussetzungen werden vor Betriebsaufnahme erfüllt.

Die Testate sind durch einen externen, vom EVU rechtlich unabhängigen Gutachter zu erstellen oder von einem externen Gutachter retestieren zu lassen. Der Bieter hat die Kosten für die o. g. Testate zu tragen und daher in sein Angebot einzukalkulieren. In die Kalkulation der Testatskosten sind die Kosten für die Durchführung der Vergleichszählung (Vorbereitung, Durchführung, Auswertung) zum Nachweis der Messgenauigkeit einzuschließen.

Für die Vergabe der Gutachterleistungen ist vom EVU ein wettbewerbliches Vergabeverfahren durchzuführen. Das Ergebnis des Vergabeverfahrens sowie die beabsichtigte Vergabeentscheidung des EVU ist dem Auftraggeber rechtzeitig vor Inbetriebnahme des AFZS mitzuteilen. Der Auftragnehmer hat im Rahmen des wettbewerblichen Vergabeverfahrens vergleichbare Angebote von mindestens drei verschiedenen Gutachtern einzuholen oder nachzuweisen, dass dies trotz Anwendung der Sorgfalt eines ordentlichen Kaufmanns nicht möglich war. Etwaige weitergehende vergaberechtliche Verpflichtungen des Auftragnehmers bleiben unberührt. Die Beauftragung des Gutachters bedarf der ausdrücklichen Zustimmung des Auftraggebers. Der Auftraggeber kann seine Zustimmung dann verweigern, wenn

- die rechtliche Unabhängigkeit des Gutachters vom EVU nicht zweifelsfrei nachgewiesen wird oder
- die fachliche Eignung des Gutachters in Bezug auf die zu vergebenden Gutachterleistungen nicht zweifelsfrei anhand geeigneter Nachweise belegt ist.

Liegt dem Auftraggeber bis sechs Monate vor Betriebsaufnahme kein entsprechender Vergabevorschlag des EVU vor, so kann der Auftraggeber einen externen, vom EVU unabhängigen Gutachter benennen. Die Gutachterkosten sind vom EVU zu tragen.

Die Planung, Durchführung und die Auswertung der Vergleichszählung erfolgt in enger Abstimmung zwischen den Auftraggebern und dem Auftragnehmer durch den externen Gutachter. Weitere Details dazu sind in Kapitel 7 geregelt. Die Zählgenauigkeit des AFZS muss für die Dauer des Verkehrsvertrages gewährleistet sein.

Das EVU übermittelt dem Auftraggeber auf Anforderung

- Detailauswertungen der einzelnen Vergleichszählfahrten auf Fahrt-, Haltestellen- und Haltestellenebene zum Zwecke der Plausibilitätsprüfung sowie
- die Endergebnisse der Vergleichszählung.

Das EVU stellt dem Auftraggeber die Ergebnisse des AFZS-Testierungsverfahrens nach dessen Abschluss vor.

## 2 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:

### **Fahrzeugausrüstung**

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

### **Datenübertragung**

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

### **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.

### **Datenmanagementsoftware AFZS**

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

### **Auswertungssoftware Hochrechnung**

Hochrechnung und Ermittlung der Kenngrößen P und Pkm je Messobjektkategorie für Linien und räumliche Teilregionen (z. B. Tarifzonen) für Auswertungen der ermittelten Zähl-daten (z. B. für die Durchführung von Einnahmeaufteilungsverfahren).

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

Installation und Inbetriebnahme der Software Hochrechnung.

## **Schnittstelle Datenübergabe**

Dies beinhaltet die allgemeine Schnittstelle für die Übergabe von Daten von der Datenmanagement- bzw. Auswertungssoftware zu den Aufgabenträgern.

## **3 Software**

### **3.1 Grundsätze**

Die Gesamtsoftware ist in die folgenden Funktionsblöcke zu unterteilen:

- Datenmanagementsoftware AFZS
- Auswertungssoftware Hochrechnung
- Schnittstelle zur Datenübergabe an die Aufgabenträger

Außerdem sind geeignete Funktionalitäten für die Haltung des Datenbestandes und die Sicherung gegen Datenverluste vorzusehen.

Die Gesamtsoftware muss im Hinblick auf die den Funktionsblöcken zugeordneten Aufgabenbereichen administrierbar sein. Die Administrierung muss mindestens umfassen

- das Benutzermanagement,
- die Rechtevergabe und das Berechtigungskonzept für die einzelnen Benutzer,
- die Protokollierung.

### **3.2 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 jeweiligen 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 Bedienungshandlung 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. nur Soll-Daten, nur Ist-Daten) getrennt zu exportieren. Dem Anwender muss so ermöglicht werden, zu wählen, welche Daten in den Export einbezogen werden sollen.
- h) Wenn Daten 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 mit 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.

### 3.3 Schnittstelle Fahrplanprogramme

Das EVU 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 zuliefernden System erzeugten Fahrplan-, Netz-, Umlauf- und Kalenderdaten übernehmen.
- b) Die Solldaten (d. h. Linien- und Streckendaten sowie Fahrplan-, ggf. Umlaufplandaten) müssen aus den Fahrplan- und Dienstplanprogrammen des EVU übernommen werden, welche den entsprechenden Export bereitstellen.
- 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.

### **3.4 Software Hochrechnung**

Die verwendeten Methoden und Realisierungen zur Implementierung der folgenden Anforderungen sind im Erhebungskonzept (vgl. Kapitel 1.2) schriftlich darzustellen.

#### **Allgemeine Funktionsanforderungen**

Aufgrund der geforderten Vollausrüstung aller Fahrzeuge mit automatischen Fahrgastzählsystemen wäre theoretisch keine Hochrechnung erforderlich. Jedoch ist zu erwarten, dass nicht alle Fahrten mittels AFZS gezählt werden können, z. B. wegen

- technischer Ausfälle von Komponenten des AFZS (Folge: Zählzeiten nicht für alle mit AFZS-ausgerüsteten Fahrzeugen durchgeführten Fahrten verfügbar),
- Fehler in den Rohdaten vom Fahrzeug (z. B. fehlende Ortungsdaten, Fehler bei der Datenaufzeichnung selbst oder der Datenübertragung),
- Fahrtausfälle infolge betrieblicher oder externer Einflüsse ohne Ersatzbeförderung oder mit Ersatzbeförderung mittels Verkehrsmitteln ohne produktiv nutzbare AFZS-Ausrüstung,
- planmäßigen Ersatzes durch SEV mittels Fahrzeugen ohne produktiv nutzbare AFZS-Ausrüstung, infolgedessen aus erhebungsökonomischen Gründen auf ein Stichprobenverfahren zurückgegriffen wird.

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 Merkmale

- beförderte Personen,
- Personenkilometer auf die Grundgesamtheit (bezogen auf einen bestimmten Zeitraum)

je Messobjektkategorie hochrechnen lassen für:

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

#### **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) 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 Datenerlieferungen 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 „beförderte Personen“ (P) und „Verkehrsleistung“ (Pkm) muss für jede Messobjektkategorie 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. Dabei sind folgende methodische Grundsätze zu beachten:
  - a. Grundsätzlich gilt als Verkehrsmenge die Summe aller Einsteiger plus Einfahrende 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.
  - b. In Abhängigkeit vom Anwendungsfall werden zwei Kategorien von Verkehrsmengen definiert:
    - i. die tatsächliche Verkehrsmenge als Summe aller gezählten und geglätteten sowie ggf. hochgerechneten Werte für Einsteiger plus Einfahrende, gemessen in beförderten Personen (Linienbeförderungsfällen) und
    - ii. die Verkehrsmenge als Leistungsbestimmungsgröße P für EAV von Verkehrsverbänden, d.h. die Linienbeförderungsfälle je Aufgabenträger, welche alle in dem jeweiligen Gebiet (Aufgabenträger) ermittelten Verkehrsmengen die auf Grundlage der vorgegebenen Tarife realisiert wurden, enthalten.
- k) Die Hochrechnungsergebnisse (beförderte Personen P und Personenkilometer Pkm für jede Messobjektkategorie) 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-Gebiet, Tarifzone)
  - 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
- l) Die Protokollierung des verwendeten Schichtenmodells muss es den Aufgabenträgern und Verbänden bzw. von diesen beauftragten Dritten ermöglichen, die Einhaltung der Vorgaben der Leistungsbeschreibung bzgl. der Schichtung zu überprüfen.
- m) 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.
- n) Eine Hochrechnung auf der Basis von unvollständig gezählten Fahrten (Teilzugverfahren, Platzgruppenverfahren o. ä.) wird aufgrund der geforderten Vollausrüstung aller Fahrzeuge (incl. Reserven) sowie dem Ganzzugsausstattungsprinzip nicht zugelassen und ist daher auch nicht anzubieten.
- o) Leere Zugzeitschichten (d. h. Kombinationen von Zugnummer und Zeitschicht, zu denen im gesamten Hochrechnungszeitraum keine verwertbaren Zählzeiten vorliegen) sind mit Zählzeiten aus geeigneten Referenz-Zugzeitschichten zu füllen. Maßgeblich für die Eignung als Referenz-Zugzeitschicht sind folgende Eigenschaften in Bezug auf die leere Zugzeitschicht:
- a. identischer Laufweg
  - b. identische Zeitlage
  - c. Erhebungstag liegt in derselben Zeitschicht
  - d. unmittelbar angrenzender Monat oder gleicher Monat des Vorjahres, sofern die verkehrlichen Rahmenbedingungen (Fahrplankonzept) eine vergleichbare Nachfragestruktur erwarten lassen
- Datenlieferungen hochgerechneter Zählzeiten mit leeren Zugzeitschichten sind nicht zulässig.
- p) 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.

### **3.5 2.4 Verwaltung der Soll- und Istdaten**

Es muss ein Modul geben, durch welches sich der Anwender menü- und maskengeführt die Zählfahrten 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. Es muss sichergestellt werden, dass die exportierten Dateien nicht ins System zurückimportiert werden können.

### **3.6 Allgemeine Schnittstelle von Soll- und Istdaten**

Es muss die Möglichkeit gegeben sein, die Solldaten und Istdaten als Einzeldatensätze vor und nach Saldenausgleich zu exportieren. Die Schnittstelle zur Bereitstellung dieser Daten ist in Anlage LB-7.3 Datenformat tagesscharfe Reisendenzahlen beschrieben.

Die Exporte müssen nach folgenden Kriterien selektiert werden können:

- Linien
- Zeitraum
- Fahrzeuge

## **4 Ermittlung von Zähldaten**

### **4.1 Fahrzeugausrüstung**

#### **Komponenten**

Alle Fahrzeuge müssen mit automatischen Fahrgastzählssystemen ausgestattet sein (incl. Reservefahrzeuge). Es gilt das Ganzzugausstattungsprinzip, d.h. die auf einer Zählfahrt eingesetzten Fahrzeuge müssen 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 Fahrplanfahrt 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.

#### **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 aufzunehmen:

- Fahrzeugnummer
- Türfreigabesignal
- Tachosignal (Weg / Geschwindigkeit)

- Sensoridentifikation / Sensorgruppenidentifikation
- Störungsmeldungen
- Zeit, Datum
- Verortung (logisch, physikalisch, GPS)
- Datenspeicher

Die Zugnummer kann, muss aber nicht aufgezeichnet werden.

### **Türslave, Wegsignal**

Die Zähltechnik darf nur aktiviert sein, 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.

- Halte ohne Türöffnung und ohne Fahrgastwechsel,
- Bedarfshalte ohne Verkehrsbedarf (Haltestellendurchfahrten),
- Unterwegshalte zwischen planmäßigen Verkehrshalten,
- Mehrfachhalte mit zwischenzeitlichem Schließen und Öffnen der Türen,
- 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.

### **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.

### **Erfassungssystem**

Es sind Infrarot- oder Laser-Sensoren zugelassen oder solche Sensoren, deren Messverfahren auf Wärmestrahlung, optische Verfahren oder eine Kombination dieser Varianten beruhen, welche 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- bzw. Aussteiger der Messobjektkategorie „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 jedes Einzel-Messobjekts aller gemäß Leistungsbeschreibung Kapitel 7.2 Zählung geforderten Messobjektkategorien
- Erfassung der Richtung (Einstieg oder Ausstieg) je Einzel-Messobjekt (Richtungsdetektion)
- optimale Ausrichtung und Empfindlichkeit der Erfassung ohne Notwendigkeit einer nachträglichen Justierung, aber mit der Möglichkeit zur Reaktion auf nachträgliche Türtypveränderungen
- vibrationsicher 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.

### **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.

## **4.2 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 AFZS 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.

## **4.3 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 AFZS 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 des AFZS an das Fahrgastinformationssystem im Fahrzeug kann vorgesehen werden.

- Türscharfe Aufzeichnung muss möglich sein.
- Das AFZS 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 Zählraten 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).

#### **4.4 Aufzuzeichnende Daten**

Die Aufzeichnung der Daten muss auf eine Weise erfolgen, dass Brüche in der Aufzeichnung der Daten mit Folgen von Fehlern bei der Zuweisung von Ein- und Aussteigern zur Haltestellen und Fahrten vermieden werden.

Für die Fahrgastzählung sind folgende Daten aufzuzeichnen:

- Gleichzeitige Aufzeichnung von einsteigenden und aussteigenden Fahrgästen pro Haltestelle und pro Tür
- Erfassung von Haltestellenankunfts- und Haltestellenabfahrtszeiten
- Erfassung von Haltestellenaufenthaltszeiten
- Aufzeichnen von Zwischen- und Endabfragen (z. B. bei Bahnsteigwenden mit Übergang zur Folgefahrt während des Fahrgastwechsels)
- Bei GPS-Ortung auch die Haltestellenpositionen über GPS

#### **4.5 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 müssen daher mit einer angemessenen sicheren Verschlüsselung nach aktuellem Stand der Technik (z. B. SSL-Verschlüsselung) geschützt werden.

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 AFZS übertragen werden. Dies soll über geeignete und dem aktuellen Stand der Technik entsprechende Übertragungseinrichtungen von den stationären Zwischenspeichern an das Hintergrundsystem erfolgen.

Die Übertragung der Rohdaten muss mindestens einmal täglich erfolgen, damit die Zähl-  
daten 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 ist sicherzustellen, dass automatisch nach einer festen Zeit die Datenübertragung erneut gestartet wird. Außerdem muss in diesem Fall sichergestellt sein, dass die Datenkonsistenz erhalten bleibt und weder Daten verloren gehen, geändert werden noch doppelt im stationären Auswertesystem gespeichert werden.

Für die Installation der Datenübertragungstechnik im Fahrzeug sind die Vorgaben der EBO zu beachten.

## **5 Verarbeitung der Zähl- daten in der Datenmanagementsoftware**

### **5.1 Allgemeines**

Mit einer Datenmanagementsoftware werden alle technischen und betrieblichen Daten für den Einsatz der AFZS 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 für das Ein- und Auslesen von System- und Initialisierungsdaten
- das Ein- und Auslesen von Zähl-  
daten
- 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 Haltestellenamen (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.



## 5.2 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.

## 5.3 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. 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 Vorgehensweise zu implementieren. Diese Information muss mindestens enthalten:

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

Das Hintergrundsystem muss die eingegangenen Zählzeiten (Rohdaten) auf Plausibilität prüfen. Hierzu gehören mindestens die folgenden Prüfungen:

- Das sendende Fahrzeug gehört eindeutig zu einem Fahrzeugeintrag in den Stammdaten.
- Das sendende Fahrzeug ist als Zählfahrzeug für das jeweilige Teilnetz zugelassen.
- Die empfangenen Datensätze sind schnittstellenkonform.
- Datums- und Zeitangaben sind konsistent.
- Die Positionsdaten sind valide.
- Mehrfach eingegangene identische Datensätze müssen automatisch erkannt werden und dürfen nicht mehrfach verarbeitet werden.

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.

Zur Plausibilitätsprüfung ist eine Übersicht der Summe der Roheinsteiger und der Summe der Rohaussteiger eines Rohdatenblocks eines Fahrzeugs auf den Aggregationsebenen Halt, Fahrt und Verkehrstag zu implementieren, anhand derer unplausible Abweichungen einzeln ausgewertet werden können. Hierunter fallen beispielsweise:

- störungsfreie Türen ohne Zähldaten über einen längeren Zeitraum
- Haltestellentürereignisse mit dreistelligen Ein- oder Aussteigerwerten
- Haltestellenereignisse mit vierstelligen Ein- oder Aussteigerwerten
- Abweichung der relativen Differenzen zwischen den Summen der Ein- und Aussteiger auf Ebene der Fahrzeugrohdaten je Fahrzeug von mehr als 2% in einem Monat

## 5.4 Datenaufbereitung

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

### Transformation

Alle Linien/Linienarten bzw. Fahrten des EVU müssen ohne Einschränkungen transformiert werden können. Die Transformation muss die Messdaten haltstellenscharf der Sollfahrt zuordnen, auf der die Messdaten aufgenommen wurden, d.h. zu der Fahrt, auf der die Messfahrt auch tatsächlich geleistet wurde.

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

Es müssen grundsätzlich alle Fahrten transformiert werden. Fahrten, die Systemfehler enthalten, müssen automatisch gesperrt und somit nicht zur Auswertung berücksichtigt werden. Das betrifft insbesondere folgende Fälle:

- Für die Zählfahrt liegt kein (ggf. infolge kurzfristiger planmäßiger Fahrplanänderungen nachgepflegter) Soll-Fahrplan vor.
- Für mindestens einen Halt des Soll-Fahrplans liegt kein Zähldatensatz vor.
- Die Ist-Zeiten an den Halten des Laufwegs liegen nicht in aufsteigender Reihenfolge vor.

- Es liegt eine technische Störungsmeldung des AFZS vor, die zur Folge hat, dass eine korrekte Ermittlung der Verkehrsnachfrage auf der Zählfahrt nicht gewährleistet ist.

Alle restlichen Fahrten des Datenblocks, die hiervon nicht betroffen sind, müssen ausgewertet werden. Messfahrten, deren Zähl Datensätze nicht automatisch dem Soll-Fahrplan zugeordnet werden können, müssen durch den Anwender genehmigt, nachbearbeitet oder verworfen werden können. Dies betrifft z. B. Messfahrten,

- bei denen Zwischenhalte durch die automatische Zuordnung nicht einer Haltestelle zugeordnet worden sind und
- die außerplanmäßige Halte im Laufweg aufweisen.

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. Jegliche Änderungen an diesen Parametern müssen 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.

### **Traktion/Flügelung**

Stärken und Schwächen von Fahrten durch Änderung der Traktion sowie Flügelung und Vereinigung, auch während einer Linienfahrt, 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 erkannt werden.

### **Haltezeiten**

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

### **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 ist, und die Türen erneut geöffnet werden, so müssen die an dieser Position gezählten Ein- und Aussteiger der zuvor ermittelten Haltestelle zugeordnet werden. Der Haltestellenreferenzbereich muss parametrierbar sein.

### **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.

### **Zwischenhalt**

Ein außerplanmäßiger 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 Aus- und Einsteiger wird der nächstfolgenden Haltestelle zugeordnet.
- Die Zahl der Aus- und Einsteiger wird der davorliegenden Haltestelle zugeordnet.
- Die Zahl der Aus- und 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.

### **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. Dazu ist die Fahrgastwechselzeit an solchen „Wartesaalhalten“ in zwei Teilzeiträume aufzuteilen, deren Grenze parametrierbar sein muss. Im ersten Teilzeitraum sind die gezählten Aussteiger der endenden Fahrt zuzuordnen. Die gezählten Einsteiger beider Teilzeiträume abzüglich der gezählten Aussteiger im zweiten Teilzeitraum sind als Einsteiger der Folgefahrt zuzuordnen.

### **Ringlinie**

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

### **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.

### **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, die im Erhebungskonzept (vgl. Kapitel 1.2) 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 (geloggt) werden.

## 5.5 Saldenausgleich

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

Vor der Hochrechnung müssen die Zähldaten einer Folge von Fahrzeugfahrten zwischen zwei Halten mit sachlich begründetem Nullbesatz einem Saldenausgleich unterzogen werden, so dass die Summe der Einsteiger pro Fahrzeugfahrtenfolge gleich der Summe der Aussteiger je Fahrt ist und es keine negative Besetzung mehr gibt. Folgende Sonderfälle sind softwaretechnisch abzubilden:

- Berücksichtigung verketteter Fahrten innerhalb eines Umlaufs aufgrund von Sitzbleibern
- Verarbeitung nichtnegativer ganzzahliger Werte als Ein- und Aussteiger- sowie Besetzungswerte
- Berücksichtigung von fahrtübergreifenden Sitzbleibern

Der Saldenausgleich ist für jede Messobjektkategorie separat durchzuführen.

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. Unabhängig davon dürfen die Summe der Einsteiger und die Summe der Aussteiger der Fahrt(kette) vor Durchführung des Saldenausgleichs um nicht mehr als 10 Personen und um nicht mehr als 20% voneinander abweichen.

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

zu sichern.

Hier ist ein Verfahren mit folgenden logischen Schritten gemäß VDV-Richtlinie 457 auf die jeweilige Fahrt bzw. Fahrtkette anzuwenden:

- a) Es werden grundsätzlich Aussteiger (A) an der ersten 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 ersten Haltestelle mit Fahrgastwechsel der ersten Fahrt einer Fahrtkette und Einsteiger (E) an der letzten Haltestelle mit Fahrgastwechsel 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 für Ein- und Aussteiger im Falle  $E \neq A$ 
  - a. nach dem Prinzip des mangelnden Grundes an allen Haltestellen
  - b. nach zufälliger Auswahl an zufällig ausgewählten Haltestellen
  - c. nach Wahrscheinlichkeit der Belegung an Haltestellen mit den größten Ein- und Aussteigerzahlen
  - d. in Verbindung mit weiteren Plausibilitätskriterien
- 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.

Alle im Rahmen des Saldenausgleichs vorgenommenen Änderungen an den Zähldaten sind messfahrtscharf zu protokollieren.

## 5.6 Handzählungen

Über Handzählungen ermittelte Zähldaten (z. B. aus SEV) müssen über ein Handzählmodul in die Datenmanagementsoftware oder die Auswertungssoftware gepflegt werden können.

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

Eingegebene Handzählungen 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 Handzählungen erkennbar sein.

## 5.7 Erfüllungsquote

Die Zählung und Datenaufbereitung muss mit hoher Zuverlässigkeit erfolgen, um eine ausreichende Anzahl verwertbarer Messungen zur Erfüllung der statistischen Vorgaben zu erhalten. Als Prüfgröße dient die Erfüllungs- bzw. Transformationsquote. Diese wird für den jeweiligen Betrachtungszeitraum und die jeweilige sachliche Schicht wie folgt ermittelt:

Erfüllungsquote = Anzahl Fahrten mit verwertbaren AFZS-Daten / Anzahl zu zählende Fahrten

Dabei bedeuten:

- Anzahl Fahrten mit verwertbaren AFZS-Daten: Anzahl derjenigen fahrplanmäßigen Fahrten, bei denen aus allen Fahrzeugen vollständig verwertbare Zählzeiten aus dem AFZS vorliegen,
- Anzahl zu zählende Fahrten: Anzahl derjenigen fahrplanmäßigen Fahrten, für die bei fehlerfrei arbeitendem AFZS verwertbare AFZS-Daten vorliegen. Diese wird wie folgt ermittelt:
  - Anzahl Fahrten lt. Soll-Fahrplan, d. h. Kombinationen aus Zugnummer und Verkehrstag (Datum) unter Beachtung des jeweiligen tagesaktuellen Soll-Fahrplans unter Berücksichtigung von gegenüber dem Jahresfahrplan zusätzlichen, entfallenden oder veränderten Fahrten gemäß tagesaktuellen Fahrplananpassungen, jedoch ohne operativ zusätzlich eingelegte oder operativ entfallende Fahrten
  - abzgl. derjenigen Fahrten, auf denen Ersatzfahrzeuge ohne AFZS-Ausrüstung gemäß Leistungsbeschreibung Kapitel 3.1.3 Regel-, Reserve- und Ersatzfahrzeuge oder Regelfahrzeuge, bei denen infolge der über den Zeitpunkt der Betriebsaufnahme hinaus geplanten Nachrüstung keine AFZS-Ausrüstung produktiv nutzbar ist, eingesetzt wurden,
  - abzgl. derjenigen Fahrten, die aufgrund von Betriebsstörungen oder anderen außerordentlichen Fahrplanabweichungen ausgefallen oder in ihrer tatsächlichen Fahrlage keiner fahrplanmäßigen Fahrt eindeutig zugeordnet werden können,
  - abzgl. derjenigen Fahrten, die durch SEV-Leistungen ersetzt wurden

Im Umkehrschluss haben insbesondere folgende Fälle Einfluss auf die Erfüllungsquote:

- Fahrten, die im Rahmen der Verarbeitung der Zählzeiten verworfen werden, z. B. infolge zu großer Saldendifferenz (vgl. Kapitel 5.5),
- Fahrten, bei denen aus mindestens einem der Fahrzeuge im Zugverband keine verwertbaren Zählzeiten vorliegen (vgl. Kapitel 4.1).

Die Erfüllungsquote wird je Kalendermonat und je Linie berechnet. Sie muss mindestens 90% betragen. Die Erreichung dieser Quote ist dem Auftraggeber gemäß der Leistungsbeschreibung, Kapitel 7.4 Datenübergabe monatlich nachzuweisen. Bei Nichteinhaltung der Mindestquote gelten die dort festgelegten Regelungen.

## 6 Zählgenauigkeit

### 6.1 Allgemeines zur Vergleichszählung

Die erforderliche Zählgenauigkeit des AFZS ergibt sich aus dem Verwendungszweck der zu gewinnenden Daten. Bei ihrer Festlegung sind positive Effekte des Fehlerausgleichs im Verlauf von Datenaggregationen zu berücksichtigen.

Die Zählgenauigkeit des AFZS entscheidet sich bei der Zählung der Ein- und der Aussteiger an den Türen. Dabei können systematische Abweichungen bzw. Fehler (Tendenz zur Unter- oder Überzählung) und zufällige Fehler auftreten. Systematische Zählfehler sind vollumfänglich auszuschließen.

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.

Voraussetzung für die erste Vergleichszählung ist, dass das EVU gemeinsam mit dem AFZS-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.

Gelingt der Nachweis der Einhaltung der vereinbarten Zählgenauigkeit durch die erste Vergleichszählung nicht, so muss der Auftragnehmer Nachbesserungen vornehmen und das AFZS erneut justieren (z. B. im Bereich Hardware, Software oder Parametereinstellungen). Die Messgenauigkeit des neu justierten AFZS ist auf Grundlage einer erneuten Vergleichszählung nachzuweisen. Umfang und Methodik richten sich nach den Anforderungen für manuelle Vergleichszählungen. Die Kosten für diese Vergleichszählung (Feldarbeit) und die Testatskosten hat das EVU zu tragen.

## 6.2 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 Haltestellentürereignisse 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 0 (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  $\alpha = 5 \%$  bzw. **0,05** anzusetzen.
- $1 - \alpha$  Maß für die Wahrscheinlichkeit, dass ein Fehler 1. Art nicht begangen wird. Unter Bezug auf  $\alpha = 5 \%$  bzw. 0,05 ergibt sich der Wert **0,95**.
- $\beta$  Fehler 2. Art (Risiko des Herstellers) ist mit einer Größe von  $\beta = 5 \%$  bzw. **0,05** anzusetzen.
- $1 - \beta$  Statistische Power als Maß für die Wahrscheinlichkeit, dass ein Fehler 2. Art nicht begangen wird. Unter Bezug auf  $\beta = 5 \%$  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  $\alpha = 5 \%$  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  $\beta = 5 \%$  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  $\Delta =$  **0,02** 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).

### 6.3 Durchführung der Vergleichszählung

Die Vergleichszählung muss für die gesamte Fahrzeugflotte auf ausgewählten Linien 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. nach qualitativer und quantitativer Ausprägung der Verkehrsmengen), Verkehrsablauf (zeitliche Lage der Fahrten, Verkehrstage), Tagesarten und Zeitschichten sowie Linienlänge repräsentativ erfasst wird.

Die Zählungen erfolgen im Linienbetrieb zwischen 5 und 20 Uhr. Zählgrößen sind die Anzahl

- der Einsteiger und
- der Aussteiger

je Haltestelle und Tür, getrennt nach Messobjektkategorien.

Abgeleitet daraus werden

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

je Fahrt und Messobjektkategorie.

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

Im Interesse zuverlässiger Zählergebnisse müssen die Zählpersonale sorgfältig ausgewählt, geschult und in der erforderlichen Anzahl, d.h. entsprechend dem erwarteten Verkehrsaufkommen, eingesetzt werden. Im Allgemeinen wird ein Zähler pro Tür eingesetzt, welcher sowohl Einsteiger als auch Aussteiger erfasst. Insbesondere bei hohem Verkehrsaufkommen sind je Tür ein Zähler für einsteigende plus ein weiterer Zähler für aussteigende Fahrgäste vorzusehen. 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 anzuweisen, bei Zweifeln an seinen Zählergebnissen bzw. bei besonderen Ereignissen im Verkehrsablauf diese in den Zählbögen 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 Zählwerten vorliegen. Alle anderen Fahrten werden verworfen und zur Einhaltung der Stichprobe kurzfristig nacherhoben. Manuelle Nachkorrekturen auf dem Zählbogen bzw. im 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 Zählfahrt zugewiesen (ggf. Ausweisen als Zwischenhalt der Fahrt, wenn Unklarheit besteht, ob der Halt noch zur Zählfahrt 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 bzw. Erfassungsgerät angemerkt.

Das Zählpersonal muss mindestens 15 Minuten vor der planmäßigen Abfahrtszeit an der planmäßigen Abfahrtshaltestelle bereit stehen. 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. Operative Veränderungen im Betriebsablauf sind dabei zu beachten.

Vor Beginn jeder Fahrt, d.h. vor Eintreffen an der planmäßig ersten Haltestelle der Fahrt ist der Besatz im Fahrzeug inkl. Lok- und Zugpersonale zu bestimmen. Sollten die Zähler selbst einsteigen, sind sie als Einsteiger, ansonsten als Besatz vor der Fahrt zu erfassen. Am Ende einer Fahrplanfahrt, d. h. nach der planmäßig letzten Haltestelle der Fahrt ist ebenfalls der Besatz inkl. Lok- und Zugpersonale zu erfassen. Sollten die Zähler selbst aussteigen, sind sie als Aussteiger, ansonsten als Besatz nach der Fahrt zu erfassen. 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 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, Großgepäck 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 bzw. Erfassungsgerät besonders gekennzeichnet.

Die Erfassung und Dokumentation der Ein- und Aussteiger je Tür und Messobjektkategorie sowie der Zusatzinformationen ist eindeutig vorzunehmen. Halte ohne Fahrgastwechsel sind differenziert nach den Ausprägungen „Durchfahrt an der Haltestelle“ und „Halt mit Türfreigabe, jedoch ohne Fahrgastwechsel“ zu erfassen. Nachträgliche Korrekturen bei der Auswertung sind nicht zugelassen. 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.

Die Durchführung der Vergleichszählungen mit (Video-) Bildaufzeichnungssystemen ist zulässig und zu präferieren, wenn 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 aktuellen Stand der Technik ermöglichen. Nicht zulässig sind Systeme, welche einer 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.

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 AFZS bereitgestellte Daten sind:

- die türscharfen Einsteiger- und die Aussteigerzahlen je Messobjektkategorie, die nach Transformation der Messdaten an der Zähldatenexport-Schnittstelle zur Auswertungssoftware vor der Anwendung eines Saldenausgleichsverfahrens bereitgestellt werden,
- die fahrzeugscharfen Ein- und Aussteigerzahlen je Messobjektkategorie, 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).

## 6.4 Prüfung der Messgenauigkeit

Bezugsgesamtheit für den Nachweis der Messgenauigkeit ist die Summe der zugscharfen Haltestellentürereignisse (Wertepaare: Einsteiger<sub>automatisch</sub> zu Einsteiger<sub>manuell</sub> bzw. Aussteiger<sub>automatisch</sub> zu Aussteiger<sub>manuell</sub>) je Fahrzeugkategorie und Messobjektkategorie.

Um die Zählgenauigkeit des AFZS zu bestimmen, werden die Zählfahrten mit manueller Zählung der Einsteiger und der Aussteiger durchgeführt. Zum Vergleich mit den automatisch gewonnenen Einsteiger- und der 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

$$\Delta i_{rel} = \frac{|P_a - P_m|}{P_m} * 100\%$$

bestimmt.

In ihr bedeuten

- P<sub>a</sub> - die automatisch erfasste Anzahl Messobjekte (Einsteiger bzw. Aussteiger) und
- P<sub>m</sub> - die entsprechende manuell erfasste Anzahl Messobjekte 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“ (P<sub>km</sub>) 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) Es dürfen nicht mehr als 5 Prozent...
  - i. ... 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
  - ii. ... 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, Details vgl. unten).
- d) Der Gesamtfehler darf für die Verkehrsmenge P (Beförderungsfälle) für alle Messfahrten zusammen +/-1 Prozent nicht übersteigen (Test: Abweichungen der Beförderungsfälle).
- e) 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.
- f) Der Gesamtfehler darf für die Verkehrsleistung P<sub>km</sub> (Personenkilometer) für alle Messfahrten zusammen +/-1 Prozent nicht übersteigen (Test: Abweichungen der Personenkilometer).
- g) 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.

- h) 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 Fahrzebene den Wert Null einschließt und somit keine Verzerrung vorliegt (Test: Systematischer Fehler nach Saldenausgleich, Details vgl. unten).

Die Überprüfung, ob die Zählgenauigkeit erreicht wurde, erfolgt mit einer Stichprobe je Messobjektkategorie 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.

### **Test gemäß Pkt. c): Systematischer Fehler vor Saldenausgleich (Äquivalenztest)**

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 Kapitel 6.2 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

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

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.
- $z_{1-\frac{\alpha}{2}}$  (1- $\alpha/2$ )-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.

### **Test gemäß Pkt. h): Systematischer Fehler nach Saldenausgleich (t-Test)**

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

- manuell erfasste Personenzahl P bzw. die sich hieraus ergebenden Pkm und
- automatisch erfasste Personenzahl bzw. die sich hieraus ergebenden Pkm

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

Dazu werden die absoluten Differenzen

$$\Delta i = P_a - P_m$$

mit

- $P_a$  die automatisch erfasste Personenzahl (jeweils separat für Einsteiger und für Aussteiger) bzw. die sich hieraus ergebenden Pkm und
- $P_m$  die entsprechende manuell erfasste Personenzahl (jeweils separat für Einsteiger und für Aussteiger) bzw. die sich hieraus ergebenden Pkm

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 und manueller Zählung
- Standardabweichung der Differenzen der Messwerte aus automatischer und 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.

$$d_a = t_{n,\alpha} \cdot \frac{s}{\sqrt{n}}$$

- $n$  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  $d_a$  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 Pkt. 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 manuelle Zählung mit  $S < 0,5$ .
- 4) Einhaltung der zulässigen Abweichung zwischen den unteren bzw. oberen Vertrauensgrenzen zum Wert Null mit max. 1 Prozent.

## 6.5 Bereitstellen eines kalibrierten Systems

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

## 6.6 Prüfung der 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 erfolgreichem 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 den Anforderungen gemäß Kapitel 6.1 bis 6.4.

Ergebnis: Testierter Nachweis der Zählgenauigkeit

### **Stufe 1: Daten der Systeme der automatischen Fahrgastzählung**

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

Ziel: Nachweis zur Erreichung erwartungsgerechter Schätzwerte für die Grundgesamtheit P / Pkm 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 Pkm 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 / Verkehrsverbänden 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 AFZS-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 den hochgerechneten Wert der manuell gezählten Daten der Stichprobe der Vergleichszählung das Konfidenzintervall anhand des berechneten Stichprobenfehlers gebildet. Das Konfidenzintervall darf auch hier maximal +/-5% betragen, ansonsten ist eine Vergrößerung der Stichprobe notwendig. Abnahmekriterium ist dabei, dass sich beide Konfidenzintervalle unter Berücksichtigung des maximal zulässigen Messfehlers von +/-1% überschneiden müssen.

### **Option Stufen 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.

## **6.7 Sicherstellung der Zählgenauigkeit während der Vertragslaufzeit**

Die Zählgenauigkeit des AFZS muss für die Dauer des Verkehrsvertrages gewährleistet sein. Ergeben sich während der Vertragslaufzeit Anhaltspunkte, dass die geforderte Zählgenauigkeit des AFZS nicht erreicht wird, so kann der Auftraggeber zur Prüfung des Sachverhaltes eigene Vergleichszählungen durchführen bzw. beauftragen. Sollten die Ergebnisse dieser Zählungen die Einhaltung der geforderten Zählgenauigkeit nicht bestätigen, so ist das AFZS durch das EVU neu zu kalibrieren. Die Messgenauigkeit des neu justierten AFZS ist auf Grundlage einer erneuten Vergleichszählung nachzuweisen und von einem externen, vom EVU unabhängigen Gutachter zu testieren. Umfang und Methodik richten sich nach den Anforderungen für manuelle Vergleichszählungen (vgl. Kapitel 6.1, 6.2 und 6.4). Die Kosten für diese Vergleichszählung (Feldarbeit) und die Testatskosten hat das EVU zu tragen.

Im Fall, dass das AFZS nicht oder nur eingeschränkt verfügbar ist und keine statistisch belastbaren Ergebnisse aus den AFZS lieferbar sind, sind manuelle Zählungen (Ersatzzählungen) gemäß den in Kapitel 7 definierten Vorgaben in Verantwortung und auf Kosten des EVU durchzuführen.

## **7 Manuelle Zählungen**

### **7.1 Ersatzzählungen bei Nichtverfügbarkeit des AFZS**

Manuelle Zählungen sind durchzuführen, wenn das AFZS nicht oder nur eingeschränkt verfügbar ist und keine statistisch belastbaren Ergebnisse aus den AFZS lieferbar sind

(z. B. während der Testierungsphase des AFZS, fehlende Inbetriebnahme der Fahrzeuge, längerfristiger Ausfall des AFZS). In diesem Fall ist nach Ende jeder notwendigen Zählperiode durch einem vom Auftragnehmer unabhängigen Gutachter zu testen, dass die Anforderungen an die Ersatzzählung eingehalten wurden. Die Kosten der Testierung sind vom Auftragnehmer zu tragen.

Eine Zählperiode ist jeweils fahrplanabschnittsbezogen zu begrenzen und umfasst maximal den Zeitraum:

- vom großen Fahrplanwechsel (i. d. R. zweiter Samstag im Dezember) bis zum kleinen Fahrplanwechsel (i. d. R. zweiter Samstag im Juni des Folgejahres),
- vom kleinen Fahrplanwechsel (i. d. R. zweiter Samstag im Juni) bis zum großen Fahrplanwechsel (i. d. R. zweiter Samstag im Dezember).

Ein Wechsel des Zählverfahrens von manueller Ersatzzählung zu automatischer Zählung mittels AFZS darf nicht innerhalb einer dieser Zählperioden erfolgen. Dazu ist die manuelle Ersatzzählung bis zum Ende der jeweiligen Zählperiode fortzusetzen, auch wenn das AFZS bereits vor diesem Zeitpunkt einsatzbereit sein sollte.

## 7.2 Schienenersatzverkehr (SEV)

Im Fall des Einsatzes von Schienenersatzverkehren (SEV) ist eine manuelle Zählung zur Ermittlung von Fahrgastzahlen notwendig, falls nicht Busse mit entsprechend kompatiblen AFZS zur Verfügung stehen. Falls die SEV-Zählung durch den Einsatz von mit AFZS ausgestatteten Bussen erfolgt, so gelten für die dort verwendeten AFZS-Systeme die Anforderungen dieses Dokuments. Dabei darf die AFZS-Ausstattungsquote der eingesetzten SEV-Fahrzeugflotte kleiner als 100% sein, sofern sichergestellt ist, dass

- a) das Ganzzugprinzip gemäß Abschnitt 4.1 für jede durchgeführte SEV-Zählfahrt erfüllt ist (insbesondere bei Einsatz mehrerer in sich abgeschlossener SEV-Fahrzeuge für eine planmäßige SEV-Fahrt),
- b) mit den AFZS-ausgerüsteten SEV-Fahrzeugen die nachfolgend definierte Mindeststichprobe der jeweiligen SEV-Zählung sicher erfüllt werden kann. Eine Kombination aus AFZS-Zählung und manueller Zählung bedarf der vorherigen Zustimmung des Auftraggebers.

Eine manuelle Zählung bei SEV braucht nur dann zu erfolgen, wenn der SEV auf einer Linie zusammenhängend

- länger als 14 Betriebstage andauert und
- in Form des SEV-Fahrplans mindestens 28 Betriebstage vor Beginn des SEV bekannt ist.

Ist der SEV-Fahrplan eines länger als 14 Betriebstage andauernden SEV weniger als 28 Betriebstage vor Beginn des SEV bekannt, so ist eine Zählung dennoch durchzuführen, sofern unter Berücksichtigung einer Vorlaufzeit von 28 Betriebstagen für die SEV-Zählung mindestens noch 14 Betriebstage zur Verfügung stehen.

Beispiel:

- Bekanntgabe des SEV-Fahrplans: 01.01.
- Geltungszeitraum/Dauer des SEV-Fahrplans: 07.01.-15.02. (40 Tage)
- Vorlaufzeit SEV-Zählung: 01.01.-28.01. (28 Tage)
- verfügbarer Zeitraum für SEV-Zählung: 29.01.-15.02. (18 Tage  $\geq$  14 Tage)

Somit ist in diesem Fall eine SEV-Zählung durchzuführen.

Schienenersatzverkehre, bei denen vorgenannte Voraussetzungen nicht erfüllt sind, brauchen nicht gesondert gezählt zu werden.

Manuelle SEV-Zählungen sollten durch geschultes, externes Personal erfolgen. Der Erhebereinsatz ist anhand des geplanten Fahrzeugeinsatzes und des zu erwartenden Fahrgastaufkommens zu planen. Die Zählung durch Fahr- bzw. Betriebspersonal kann in begründeten Ausnahmefällen (z. B. bei Kleinbussen) erfolgen, muss aber vorher mit den Auftraggebern abgestimmt werden.

Die (laufenden) Kosten für die manuelle Zählung bei SEV (Vorbereitung, Durchführung, Dateneingabe, Auswertung) sind durch das EVU zu tragen.

### **7.3 Schichtungsstruktur und Stichprobe**

Bei einer manuellen Zählung ist aus erhebungsökonomischen Gründen meist keine Vollerhebung möglich. Deshalb muss in den definierten Einsatzfällen ein Verfahren der Stichprobenerhebung zur Anwendung kommen, um eine äquivalente Abbildung des Fahrgastaufkommens in diesem Zeitraum zu erhalten.

Für die manuellen Fahrgastzählungen sind die Kalendertage der jeweiligen Zählperiode in folgende Tagarten zu schichten:

- Montag in der Schulzeit
- Dienstag bis Donnerstag in der Schulzeit
- Freitag in der Schulzeit
- Samstag
- Sonntag / Feiertag
- Montag bis Freitag in der Ferienzeit

Ist der verfügbare Zählzeitraum gleich oder kürzer als 28 Tage, so können die Tagarten wie folgt zusammengefasst werden:

- Montag bis Freitag
- Samstag und Sonntag / Feiertag

Die Bestimmung des Stichprobenumfangs je Linie – also der Anzahl der erforderlichen Zählfahrten entsprechend vorgegebener Qualitätsparameter (statistische Sicherheit, relativer Stichprobenfehler) im Messzeitraum – ist für die manuelle Zählung nach den allgemeinen statistischen Methoden der Stichprobenplanung im heterograden Fall umzusetzen. Maßgeblich hierfür sind die in den jeweiligen Verbundeinnahmenaufteilungs- sowie Tarifkooperationsverträgen definierten (Mindest-) Stichprobenumfänge.

Unabhängig hiervon ist sicherzustellen, dass je Zählperiode und Tagart jede Fahrplanfahrt (Zugnummer bzw. SEV-Fahrtnummer) mindestens einmal vollständig mit einer manuellen Zählung erfasst wird. Die Zusammensetzung mehrerer auf Teilabschnitten durchgeführten Erhebungen eines Zuges an unterschiedlichen Tagen zu einer gesamten Erhebungsfahrt ist nicht zulässig.

Die Auswahl des Erhebungsdatums je Fahrt hat innerhalb der jeweiligen Erhebungsperiode und Wochentaggruppe über ein Zufallsstichprobenverfahren zu erfolgen. Bei der Stichprobenziehung sind sämtliche Fahrplanfahrten der jeweiligen Zählperiode und Wochentaggruppe zu berücksichtigen.

## **7.4 Hochrechnung**

Die Hochrechnung der Daten der manuellen Zählung erfolgt durch das für die Automatischen Fahrgastzählsysteme vorgesehene und in diesem Dokument vorgeschriebene Hochrechnungsprogramm. In der Datenmanagementsoftware ist entsprechend Kapitel 5.6 eine Schnittstelle für den automatisierten Import von Handzähltdaten vorzusehen. Die Handzähltdaten müssen dann das gleiche Datenformat wie die Daten des AFZS aufweisen und wie diese an die Hochrechnungssoftware exportiert werden. Die aus manuellen Zählungen generierten Handzähltdaten sind mit einer besonderen Kennzeichnung „Handzählung“ zu versehen, welche auch an Folgesysteme (z. B. Module Hochrechnung, Fahrgastzählung) übergeben wird.

## **8 Einbaubedingungen**

### **8.1 Allgemeines**

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 AFZS-Lieferanten und dem EVU abgestimmt werden.

### **8.2 Prüfgerät**

Für die Überprüfung des Systems im Fahrzeug muss es möglich sein, Einsteiger und Aussteiger über ein Prüfgerät (mit Display) zu ersehen.

Es muss die Möglichkeit gegeben sein, die AFZS in den Fahrzeugen anhand eines einfachen Notebooks mit Pin-Code im Standbetrieb oder während einer Testfahrt im (Echtzeitbetrieb) zu testen und zu warten. Relevante Signale, GPS-Koordinaten, Einsteiger und Aussteiger je Türeinheit, aller Türeinheiten und jedes einzelnen Sensors sind entsprechend anzuzeigen.

Wünschenswert ist ein Prüfgerät, mit dem auch die Fahrzeuginitialisierungsdaten in die jeweiligen Zählfahrzeuge übertragen werden können.

Ein derartiges Prüfgerät muss gleichzeitig dazu dienen können, die Rohdaten manuell vom Zentralgerät des Fahrzeugs auszulesen, wenn die automatische Datenübertragung ausfallen sollte.

### **8.3 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.

## **9 Bereitstellung der Daten**

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

### **9.1 Lieferung von Zähldaten**

Spätestens 3 Monate nach Betriebsaufnahme muss das Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU)

- gegenüber den Aufgabenträgern die „Freigabe zur Durchführung von Vergleichszählungen zum Nachweis der Messgenauigkeit“ (vgl. Kapitel 6.1) erklären und
- AFZS-Zähldaten für die Vergleichszählungen bereitstellen.

Anschließend erfolgt das im Kapitel 6 beschriebene Verfahren zur Überprüfung der Messgenauigkeit.

Das AFZS-Testierungsverfahren ist zu den in Kapitel 1.4 genannten Terminen abzuschließen. Im Fall dies nicht gelingt, gelten die Regelungen gemäß Kapitel 7.

### **9.2 Sonstige Abnahmen**

Dem zu beauftragenden Gutachter müssen vor Beginn der Lieferung von Rohdaten aus dem AFZS, spätestens jedoch zwölf Monate nach Betriebsaufnahme die Protokolle für folgende Teile der Abnahme zur Information vorgelegt werden:

- Datenmanagementsoftware
- Schnittstellen Netz- und Fahrplandaten
- Auswertungs- und Hochrechnungssoftware
- Schnittstelle Datenübergabe an Aufgabenträger und Verbünde

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 (einschl. sachlicher Richtigkeit der Fahrplandaten gemäß Sollfahrplan)
- Import von Rohdaten und Rohdatenprüfung/Fehleranalyse
- Prüfung der die Zählzeiten beeinflussenden Parameter bzw. Konfigurationen, insbesondere im Hinblick auf den Schutz gegen Manipulierbarkeit der Zählzeiten, ausreichendes 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