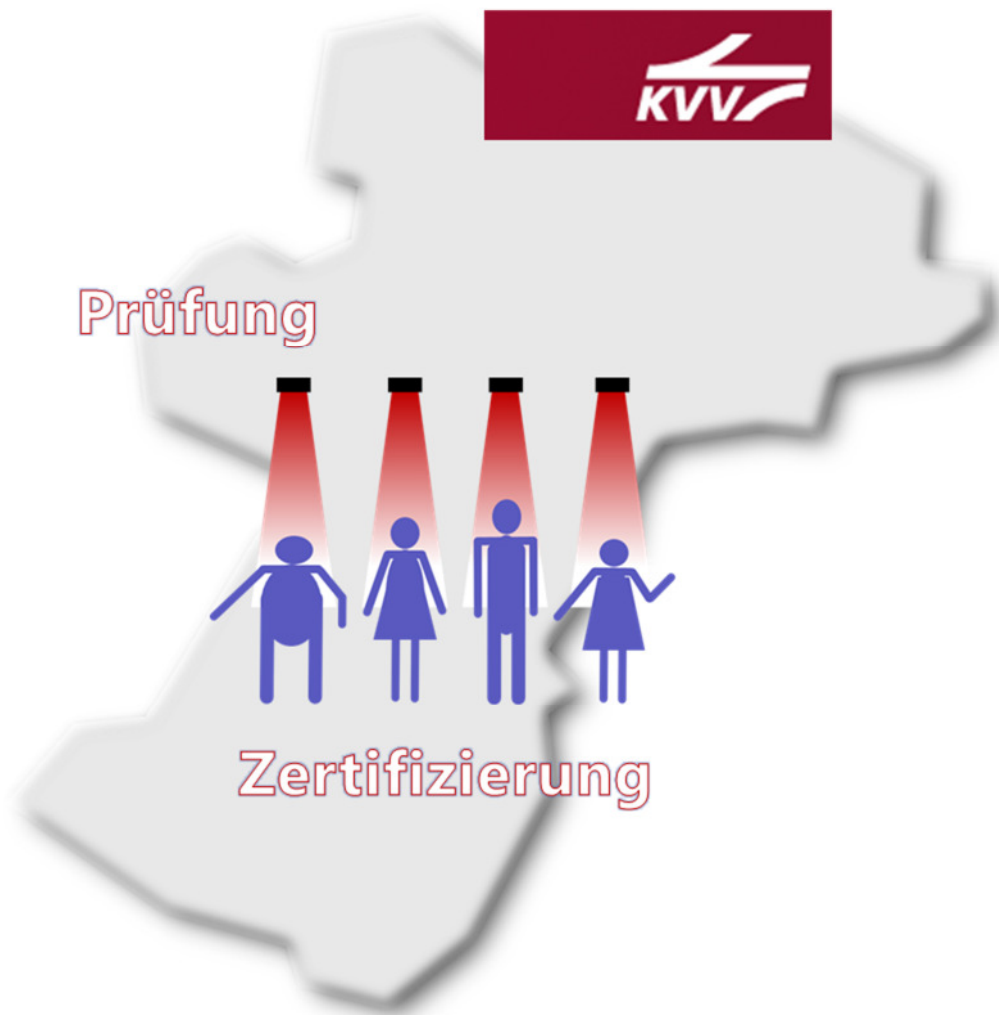


Regelung zur Nutzung von automatischen Fahr- gastzählssystemen (AFZS) im KVV

Durchführungsrichtlinie



Regelung zur Nutzung von automatischen Fahrgastzählsystemen (AFZS) im KVV

Durchführungsrichtlinie

Auftraggeber:

Karlsruher Verkehrsverbund GmbH (KVV)
Tullastraße 71
D-76131 Karlsruhe

Auftragnehmer:

WVI Prof. Dr. Wermuth Verkehrsforschung
und Infrastrukturplanung GmbH
Nordstraße 11
38106 Braunschweig

Bearbeiter:

Dr.-Ing. Christine Oltrogge
Dr.-Ing. Meinolf Spichal
Dipl.-Ing. Frank Boesche

August 2018

Inhalt

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Anlass und Aufgabestellung..... | 1 |
| 2 | Prüfung der Zählqualität..... | 1 |
| 2.1 | Ermittlung eines Korrekturfaktors | 5 |
| 2.2 | Umgang mit Traktionen und Stärken und Schwächen | 7 |
| 3 | Prüfung des Hintergrundsystems | 8 |
| 3.1 | Abbildung der Fahrplandaten..... | 9 |
| 3.2 | Prüfungen zu Planung und Kontrolle der Messfahrten | 10 |
| 3.3 | Prüfungen zu Kontrolle und Korrektur der Zähldaten | 11 |
| 4 | Zertifizierung..... | 15 |

1 Anlass und Aufgabestellung

Bei der Durchführung verbundweiter Verkehrserhebungen für Zwecke der Einnahmeaufteilung im Karlsruher Verkehrsverbund (KVV) können durch den Einsatz von automatischen Fahrgastzählssystemen (AFZS) in erheblichem Maße Erhebungskosten eingespart werden. Es muss jedoch vorausgesetzt werden, dass die AFZS gewissen Anforderungen genügen und insbesondere genaue und zuverlässige Zählwerte liefern. Die vorliegende Durchführungsrichtlinie (DFRL) regelt den Einsatz von AFZS. Grundlage der DFRL sind die Ausführungen der VDV-Schrift 457 (Handlungsempfehlungen zur Anwendung von AFZS im ÖPNV, Version 2.0 und 2.1 (Entwurf)), die allerdings für den Einsatz im KVV angepasst, erweitert und mit Beispielen illustriert werden.

Eine Zertifizierung der AFZS erfordert zum einen eine Prüfung der Zählqualität (Erfassung der Ein- und Aussteiger) und zum anderen eine Prüfung des Hintergrundsystems (Prüfung der Datenaufbereitung und Hochrechnung). Diese beiden Prüfungen können unabhängig voneinander durchgeführt werden. Ggf. ist eine Nutzung des AFZS für eine KVV-Erhebung auch nach einer Teil-Zertifizierung möglich (vgl. auch Kapitel 4). Es ist also z.B. möglich, nach einer Zertifizierung der Zählqualität die Datenaufbereitung und Hochrechnung manuell vorzunehmen oder das Hintergrundsystem erst nach einer zeitlich verzögerten Zertifizierung zu nutzen. Voraussetzung für eine Nutzung der AFZS-Daten ohne Nutzung des Hintergrundsystems ist jedoch eine vollständige Erfassung aller notwendigen Merkmale, mit denen später die Zuordnung und Hochrechnung erfolgt (Datum, Linie, Fahrtnummer (alternativ: Fahrtrichtung und Abfahrtszeit), Haltestellen-Nummer) und eine Zustimmung des KVV.

2 Prüfung der Zählqualität

Die Tauglichkeit von AFZS für Fahrgastzählungen ist je VU und Betriebszweig im Rahmen einer Zertifizierung nachzuweisen. Zu diesem Zweck wird zunächst eine Kalibrierungszählung zur Gewichtung der AFZS-Zählwerte durchgeführt. Mit einer anschließenden Vergleichszählung ist die Zählqualität nachzuweisen und insbesondere nachzuweisen, dass die gewichteten Zählwerte der AFZS unverzerrt sind und damit keine systematischen Fehler aufweisen.

- ✔ Gelingt dieser Nachweis, sind die Zählungen mit AFZS für Zwecke der Einnahmeaufteilung in den folgenden Jahren prinzipiell zugelassen.
 - ✔ Gelingt dieser Nachweis nicht, muss in jedem Erhebungsjahr mit einer jeweils aktuellen Vergleichszählung ein Korrekturfaktor ermittelt werden, der die Verzerrung kompensiert. Hinweis: Ein Korrekturfaktor ist nicht zulässig, wenn die Fehler „Kinderkrankheiten“ sind. Er setzt vielmehr voraus, dass die systematischen Verzerrungen mehr oder weniger „gleichmäßig“ auftreten.
-

Bedingung für die Nutzung von Korrekturfaktoren

Die Funktionstüchtigkeit aller Sensoren ist je VU, Betriebszweig, Fahrzeugtyp und Sensortyp ist jährlich einmal über Vergleichszählungen mit einem kleinen Stichprobenumfang zu prüfen. Dabei ist in jedem AFZS-Fahrzeug wenigstens eine Zählfahrt zu erheben. Die Kombination aus Fahrzeugtyp und Sensortyp bilden die Fahrzeugkategorien, die zertifiziert werden.

Hinweis: dies ist der minimale Stichprobenumfang pro Jahr. Die Abgrenzung der Fahrzeugtypen sollte zunächst für den aktuellen Fahrzeugbestand erfolgen, neue Fahrzeuge sind ggf. einzureihen oder als zusätzliche Kategorie zu definieren. Nachweise sind auf der Grundlage einer Vergleichszählung durchzuführen.

Funktionstüchtigkeit der Sensoren

In der VDV-Schrift 457 wird eine manuelle Vergleichszählung zur Testierung der Messgenauigkeit von AFZS, insbesondere zum Nachweis der statistischen Unverzerrtheit der automatischen Zählergebnisse gefordert.

Dabei werden sowohl Anforderungen an

- ✔ den Stichprobenumfang einer manuellen Vergleichszählung
 - ✔ die erfasste Verkehrsmenge (P; Anzahl der Ein- und Ausstiege) und
 - ✔ die Verkehrsleistung (Pkm, Personenkilometer) der automatischen Zählung
- gestellt.

Stichprobenumfang einer manuellen Vergleichszählung

Der Stichprobenumfang einer manuellen Vergleichszählung ist auf der Grundlage von Haltestellentürereignissen zu planen.

$$n \geq z^2 * \left(\frac{v}{\Delta}\right)^2 * F \quad \text{mit}$$

n Stichprobenumfang (Anzahl der Haltestellentürereignisse)

v relative Standardabweichung, Variationskoeffizient (v=0,2)

Δ zulässige Abweichung des Erwartungswerte von 0, Verzerrung (Δ=0,01)

z Quantil der Standardnormalverteilung für Fehler 1. Art α = 5% (z = 1,96)

F Sicherheitsaufschlag (F=1,1)

Ein **Haltestellentürereignis** liegt vor, wenn an einem Halt an einer Tür Ein- oder Aussteigevorgänge stattfinden.

Der Stichprobenumfang an Haltestellentürereignissen wird durch die Anzahl der durchschnittlichen Haltestellen pro Linienfahrt dividiert und ergibt die erforderliche Anzahl der Zählfahrten.

Stichprobenauswahl: Für die Vergleichszählung ist eine repräsentative Auswahl an Linienfahrten im o.g. Umfang zu treffen. D.h., die Stichprobe sollte räumlich nach Linien oder Linienbündeln und zeitlich nach Stundengruppen geschichtet werden.

Fiktives Beispiel: Mit den o.g. Kenngrößen ($v=0,2$; $\Delta=0,01$; $z = 1,96$; $F=1,1$) ergibt sich ein notwendiger Stichprobenumfang von $n=1.691$ Haltestellentürereignissen. Bei einer durchschnittlichen Anzahl von 20 Haltestellen pro Linienfahrt sind somit mindestens 85 Linienfahrten als Zählfahrten auszuwählen. Diese sind gleichmäßig auf alle betroffenen Linien und Zeitschichten eines Normalwerktages zu verteilen.

Gütekriterium für manuelle Vergleichszählungen: Eine Zählfahrt einer Vergleichszählung wird nur dann akzeptiert, wenn die Abweichung zwischen den Anzahlen der Ein- und Aussteiger höchstens 2 % beträgt. Da erfahrungsgemäß einige Zählfahrten der manuellen Vergleichszählung dieses Gütekriterium nicht erfüllen ist ein Sicherheitsaufschlag von 10 % angesetzt worden.

Prüfungen zur Messgenauigkeit

Die **Verkehrsmenge** wird hinsichtlich folgender Kriterien geprüft:

- ▼ (a) Die Differenzen der Summen der automatischen Zählwerte der Ein- und Aussteiger aller Halte an allen Prüffahrten darf je Fahrzeugkategorie (z.B. VU, Betriebszweig, Fahrzeugtypen, Sensortypen) 5 % der manuell gezählten Zählwerte nicht übersteigen.
- ▼ (b) Es dürfen nicht mehr als 5 % aller Haltestellentürereignisse fehlerhaft sein, wobei ein Haltestellentürereignis als fehlerhaft gilt, wenn dessen Abweichung mehr als ein Drittel [33,3%] und gleichzeitig mehr als eine Person beträgt.
- ▼ (c) Es dürfen nicht mehr als 5 % aller Halte fehlerhaft sein, wobei ein einzelnes Ergebnis aller Türen eines Zählfahrzeugs an einem Halt als fehlerhaft gilt, wenn die Abweichung mehr als 20 % des manuellen Wertes und gleichzeitig mehr als eine Person beträgt.
- ▼ (d) Ein statistischer Test zur Unverzerrtheit (Äquivalenztest) ist bestanden, wenn das Vertrauensintervall zum Stichprobenfehler sowohl der Ein- als auch der Aussteigerzahlen den Äquivalenzbereich der zulässigen Fehler einschließt.

Zur erfolgreichen Zertifizierung müssen die Kriterien a) und d) sowie eines der Kriterien b) oder c) erfüllt sein.

Die **Verkehrsleistung** wird aus den Ein- und Aussteigerzahlen der Erhebung mit AFZS bzw. aus der manuellen Vergleichserhebung gewonnen, indem die rechnerische Fahrzeugbesetzung für jeden Fahrabschnitt mit der jeweiligen Abschnittslänge in Kilometern multipliziert und aufaddiert werden.

Für die Zertifizierung wird die Verkehrsleistung hinsichtlich zweier Kriterien geprüft:

- ▼ (e) Die Differenzen zwischen den Pkm der AFZS und der manuellen Vergleichszählung dürfen je Nachweiskategorie höchstens um 5 % abweichen.
- ▼ (f) Ein statistischer Test zur Unverzerrtheit (Äquivalenztest) ist bestanden, wenn das Vertrauensintervall zum Stichprobenfehler der Pkm sowohl der Ein- als auch der Aussteigerzahlen den Äquivalenzbereich der zulässigen Fehler einschließt.

Prüfung der statistischen Unverzerrtheit

In einem Äquivalenztest wird geprüft, ob das Konfidenzintervall zum Stichprobenfehler im Äquivalenzbereich der zulässigen Fehler liegt:

$$\left| \bar{D} \pm z^* \frac{\hat{v}}{\sqrt{n}} \right| \leq \Delta \quad \text{mit}$$

- \bar{D} Mittelwert der relativen Differenzen aus automatischer und manueller Zählung
- z Quantil der Standardnormalverteilung zu einem Fehlerniveau $\alpha=5\%$ ($z=1,96$)
- \hat{v} Variationskoeffizient der Differenzen aus automatischer und manueller Zählung.
Der **Variationskoeffizient** \hat{v} ergibt sich aus der Standardabweichung der Differenzen aus automatischer und manueller Zählung, die zur Normierung durch den Mittelwert der Einsteigerzahl je Türeignis dividiert ist.
- n Anzahl der erhobenen Haltestellentürereignisse
- Δ maximal zulässige Abweichung ($\Delta=0,01$)

Fiktives Beispiel: Aus einer Vergleichszählung wurden Kenngrößen ($\bar{D}=0,0033$; $n=1.911$; $\hat{v}=0,128$) ermittelt und ein Fehlerniveau $\alpha=5\%$ ($z=1,96$) vorgegeben.

Das Konfidenzintervall der Testwerte

$$(\bar{D} - z^* \hat{v} / \sqrt{n} = -0,0024; \bar{D} + z^* \hat{v} / \sqrt{n} = 0,0090)$$

liegt in diesem Beispiel vollständig im Äquivalenzbereich der zulässigen Fehler

$$(-\Delta = -0,01; \Delta = 0,01).$$

Damit kann eine statistische Unverzerrtheit angenommen werden.

2.1 Ermittlung eines Korrekturfaktors

Für den Fall, dass die statistische Unverzerrtheit aus der Vergleichszählung nicht nachgewiesen werden kann, soll ersatzweise ein Korrekturfaktor ermittelt werden, mit dem die Ergebnisse der automatischen Zählung gewichtet werden. Diese Vorgehensweise ist jedoch nur dann in Betracht zu ziehen, wenn keine grundlegenden Probleme („Kinderkrankheiten“) in den automatischen Zählungen vorliegen, sondern die automatischen Zählungen „gleichmäßig“ über- oder unterzählt werden.

Als **Korrekturfaktor** K der Anzahl Fahrgäste aus Unternehmenszählungen wird je Erhebungsperiode und Betriebszweig das Verhältnis der Einsteigerzahlen der Kontrollzählung (Vergleichszählung) zur Originalzählung angesetzt.

$$K = \frac{\sum x_i}{\sum y_i}$$

mit

x_i Anzahl Einsteiger einer Linienfahrt aus Kontrollzählungen

y_i Anzahl Einsteiger einer Linienfahrt aus Originalzählungen

Der Korrekturfaktor kann aus Vergleichszählungen ermittelt werden, die bis zu drei Jahre zurückliegen. Damit können bei einem Abstand der Verkehrserhebungen im KVV von 4 Jahren die Ergebnisse aller zwischenzeitlich erfolgten „kleinen“ Vergleichszählungen einbezogen werden.

Innerhalb eines Betriebszweiges können spezifische Korrekturfaktoren für Teilmengen (z. B. bestimmte Fahrzeugtypen) angewendet werden.

Beispiel: Die folgende Abbildung trägt automatische und manuelle Zählwerte in einer Erhebungsperiode von einem Betriebszweig auf. Die automatischen Zählwerte sind im Durchschnitt 3% zu niedrig ausgefallen, die Einsteigerzahlen werden deshalb mit einem Korrekturfaktor 1,03 multipliziert.

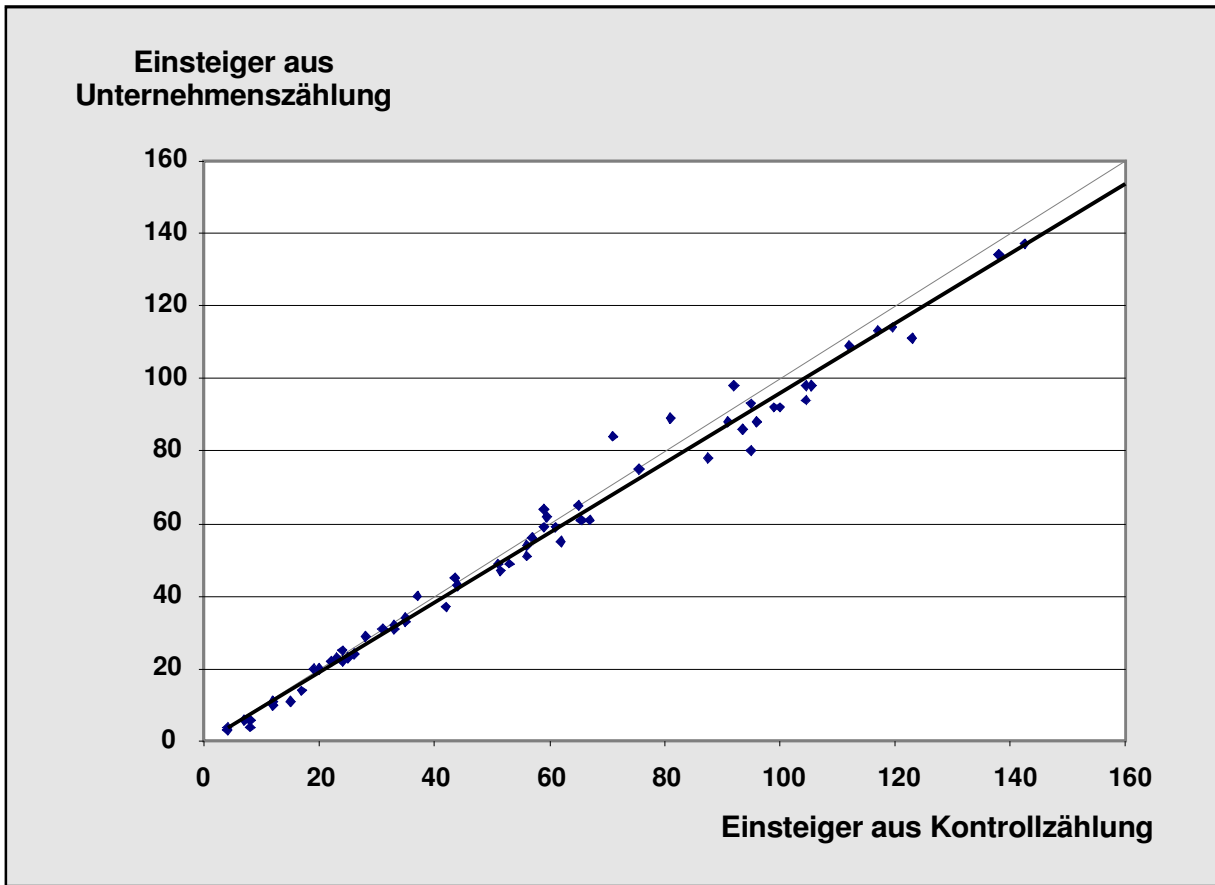


Abbildung 2-1: Gegenüberstellung automatischer und manueller Zählwerte

Nachfolgend ist ein typischer Rohdatensatz von mit AFZS aufgezeichneten Zählungen dargestellt.

| Fahrzeug | Halt | FzhGkoBreMld | FzhGkoLngMld | DatumAn | UhrzeitAn | ZugNrAn | DatumAb | UhrzeitAb | ZugNrAb | Tuer | Ein | Aus | Tw |
|--------------|------|--------------|--------------|------------|-----------|---------|------------|-----------|---------|------|-----|-----|--------|
| 958006222284 | HDBG | 187549008 | 36516390 | 20.03.2015 | 21:29 | 83723 | 20.03.2015 | 21:29 | 83723 | T01 | 0 | 0 | 622228 |
| 958006222284 | HDBG | 187549008 | 36516390 | 20.03.2015 | 21:29 | 83723 | 20.03.2015 | 21:29 | 83723 | T02 | 0 | 0 | 622228 |
| 958006222284 | HDBG | 187549008 | 36516390 | 20.03.2015 | 21:29 | 83723 | 20.03.2015 | 21:29 | 83723 | T03 | 0 | 0 | 622228 |
| 958006222284 | HDBG | 187549008 | 36516390 | 20.03.2015 | 21:29 | 83723 | 20.03.2015 | 21:29 | 83723 | T04 | 0 | 0 | 622228 |
| 958006222284 | HDBG | 187549008 | 36516390 | 20.03.2015 | 21:29 | 83723 | 20.03.2015 | 21:29 | 83723 | T05 | 0 | 1 | 622228 |
| 958006222284 | HDBG | 187549008 | 36516390 | 20.03.2015 | 21:29 | 83723 | 20.03.2015 | 21:29 | 83723 | T06 | 0 | 0 | 622228 |
| 958006222284 | HDBG | 187549008 | 36516390 | 20.03.2015 | 21:29 | 83723 | 20.03.2015 | 21:29 | 83723 | T07 | 0 | 1 | 622228 |
| 958006222284 | HDBG | 187549008 | 36516390 | 20.03.2015 | 21:29 | 83723 | 20.03.2015 | 21:29 | 83723 | T08 | 0 | 0 | 622228 |
| 958006222284 | HDBG | 187549008 | 36516390 | 20.03.2015 | 21:29 | 83723 | 20.03.2015 | 21:29 | 83723 | W | 0 | 2 | 622228 |

Abbildung 2-2: Typischer Rohdatensatz von mit AFZS aufgezeichneten Zählungen

| Spaltenbezeichnung | Beschreibung Kenngröße |
|--------------------|--|
| Fahrzeug | Kodierung des Fahrzeugs |
| Halt | Haltestellenkodierung/-kürzel |
| FzhGkoBreMld | Koordinate des Breitengrades beim Fahrzeughalt |
| FzhGkoLngMld | Koordinate des Längengrades beim Fahrzeughalt |
| DatumAn | Erhebungsdatum bei Ankunft |
| UhrzeitAn | Uhrzeit bei Ankunft |
| ZugNrAn | Zugnummer bei Ankunft |
| DatumAb | Erhebungsdatum bei Abfahrt |
| UhrzeitAb | Uhrzeit bei Abfahrt |
| ZugNrAb | Zugnummer bei Abfahrt |
| Tuer | Türbezeichnung |
| Ein | Anzahl Einsteiger |
| Aus | Anzahl Aussteiger |
| Tw | Kodierung des Triebwagens |

Abbildung 2-3: Beschreibung der aufgezeichneten Kenngrößen

Bei einer Nutzung des AFZS ohne vollständige Zertifizierung des Gesamtsystems (Messgenauigkeit und Hintergrundsystem), also bei einer Teil-Zertifizierung, sind der Rohdatensatz mit seinen aufgezeichneten Kenngrößen, die gespeicherten Informationen zum Fahrplan (IST, SOLL) mit dem KVV abzustimmen und die Eignung der aufgezeichneten Daten für eine spätere Weiterverarbeitung im Hintergrundsystem vorab durch einen externen Gutachter zu bestätigen.

2.2 Umgang mit Traktionen und Stärken und Schwächen

Im Linienbetrieb werden Traktionen gebildet, die sich i. d. R. aus zwei Fahrzeugen zusammensetzen. Grundsätzlich sind jedoch auch Kombinationen von mehreren Fahrzeugen auf einer Linienfahrt möglich. Bei Traktionen können mehrere Fälle unterschieden werden:

- ✔ Die Traktion besteht aus mehreren Fahrzeugen, von denen jedes Fahrzeug mit AFZS ausgestattet ist.
- ✔ Die Traktion besteht aus mehreren Fahrzeugen, von denen nicht alle Fahrzeuge mit AFZS ausgestattet sind.

Traktionen werden gebildet, um

- ✔ die Kapazität auf dem gesamten Linienfahrweg zu erhöhen. In diesem Fall bleibt die Traktion über den gesamten Linienverlauf konstant;
- ✔ die Kapazität auf ausgewählten Abschnitten des Linienfahrweges zu erhöhen. In diesem Fall ändert sich die Traktion im Laufe des Linienfahrweges. Es werden Fahrzeuge an- bzw. abgekoppelt;
- ✔ die Schieneninfrastruktur wirtschaftlich zu nutzen und gleichzeitig den Kunden viele Direktverbindungen anzubieten. In diesem Fall ändert sich die Traktion und die Fahrzeuge werden geflügelt

Damit die Rohdaten bei einer Teil-Zertifizierung durch das Hintergrundsystem weiterverarbeitet werden können, müssen Informationen zur Traktion gespeichert werden. Das gilt insbesondere dann, wenn die Traktion nur unter einer Fahrtnummer verkehrt. In diesem Fall sind zusätzlich folgende Informationen zu speichern bzw. müssen ableitbar sein:

- ✔ Traktionsgröße (Anzahl Fahrzeuge)
- ✔ Anzahl Zählfahrzeuge in der Traktion

Die gespeicherten Informationen sind mit dem KVV abzustimmen und die Eignung der aufgezeichneten Daten für eine spätere Weiterverarbeitung im Hintergrundsystem vorab durch einen externen Gutachter zu bestätigen.

3 Prüfung des Hintergrundsystems

Die Prüfung des Hintergrundsystems (HGS) umfasst folgende Prüfpunkte:

- ✔ Datenexport-/Import für Soll-/Ist-Daten,
- ✔ Messfahrtenplanung,
- ✔ Kontrolle und Korrektur der Messfahrten
- ✔ Hochrechnung

Die erforderlichen Prüfungen hängen von der verwendeten Methodik und der eingesetzten Software ab und sind ggf. anzupassen.

Die im folgenden aufgeführten Prüfungen beschränken sich auf wesentliche Aspekte der für die Aufbereitung der AFZS-Daten erforderlichen Abläufe.

3.1 Abbildung der Fahrplandaten

Die korrekte Übernahme des Fahrplans ist für zwei Arbeitsschritte unerlässlich:

- ✔ **Transformation:** Die Zuordnung der auf den Zählfahrten erfassten Daten zu Linienfahrten und einzelnen Halten.
- ✔ **Hochrechnung:** Aus dem Fahrplan wird die Grundgesamtheit des Fahrtenangebotes abgeleitet, auf die die Stichprobe der Zählzeiten hochgerechnet wird.

Bei der Hochrechnung werden Wochentagsgruppen definiert. Es ist mindestens eine Unterscheidung nach den Tagesarten

- ✔ Montag – Freitag (Schule) (Mo-Fr S)
- ✔ Montag – Freitag (Ferien) (Mo-Fr F)
- ✔ Samstag (Sa)
- ✔ Sonn- und Feiertag (So)

vorzusehen.

Es sind folgende Punkte zu prüfen:

- ✔ Sind die im veröffentlichten Fahrplan enthaltenen Linienfahrten, unterschieden nach der Fahrtnummer, vollständig erfasst?
 - ✔ Sind Fahrtnummern, die in Mehrfachtraktion durchgeführt werden, korrekt abgebildet? In diesem Fall erhöht sich die Anzahl der Schichten.
 - ✔ Ist das Fahrtenangebot nach den Verkehrstagesarten Montag-Freitag, Samstag, Sonn-/Feiertag unterschieden?
 - ✔ Ist die Frequenz der einzelnen Fahrten im Berichtszeitraum je Tagesart ausgewiesen und sind die im Berichtszeitraum auftretenden Besonderheiten (z.B. ein Feiertag fällt auf einen Wochentag oder Fahrt findet nur an einzelnen Tagen statt bzw. nicht statt) korrekt abgebildet?
 - ✔ Sind betriebliche Sonderfälle, wie das bei einigen Fahrten praktizierte Stärken bzw. Schwächen von Zügen, in den Daten abgebildet?
 - ✔ Ist eine Schichtung nach Fahrzeugtypen erfolgt, falls die Fahrzeuge nicht aus der gleichen Bauserie stammen und mit der gleichen Zähltechnik ausgerüstet sind?
 - ✔ Es müssen alle Zählzeiten in die Berechnung der Nachfrageparameter einfließen, die die Plausibilisierungsschritte (inkl. Transformation) erfolgreich durchlaufen haben. Verwerfene Zählzeiten müssen als solche markiert und gespeichert werden.
-

3.2 Prüfungen zu Planung und Kontrolle der Messfahrten

Bei einer hohen Ausrüstungsquote an Zählfahrzeugen (z.B. über 25 %) kann auf eine detaillierte Planung der Messfahrten verzichtet werden. Die Zählfahrzeuge werden in diesem Fall ohne spezielle Disposition in den normalen Fahrzeugumläufen eingesetzt.

Für dieses Zählkonzept sind folgende **Stichprobenumfänge** zu prüfen:

- ✔ Liegen für 90 % aller Schichten (definiert über Fahrtnummer, Linie, Wochentagsgruppe Mo-Fr S und Mo-Fr F, Sa, So und Fahrzeugtyp) innerhalb eines Quartals mindestens für einen Tag Zähl-daten vor?
- ✔ Liegen für 80 % aller Schichten innerhalb eines Quartals mindestens für zwei Tage Zähl-daten vor?

Bei einer **Mehrfachtraktion** ist mittels eines Chi-Quadrat-Tests zu prüfen, ob die Einordnung der Zählfahrzeuge innerhalb des Zugverbandes zufallsverteilt ist. Diese Prüfung erfordert eine Liste, die je Fahrtrichtung die Anzahl und Position im jeweiligen Zugverband erfasst.

$$T = \frac{(e_1 - b_1)^2}{b_1} + \frac{(e_2 - b_2)^2}{b_2} \leq \chi^2$$

mit

T Testvariable

b_i beobachtete Anzahl AFZS-Fahrzeuge auf der ersten bzw. zweiten Position
($i = 1; 2$)

e_i erwartete Anzahl AFZS-Fahrzeuge auf der ersten bzw. zweiten Position ($i = 1; 2$)
($e_1 = e_2 = (b_1 + b_2)/2$)

χ^2 Tabellenwert der Chi-Quadrat-Verteilung mit $\alpha = 1 \%$; 1 Freiheitsgrad ($\chi^2 = 6,635$)

Fiktives Beispiel: Mit den beobachteten Anzahlen einer Richtung $b_1 = 392$ und $b_2 = 461$ erhält man

$$T = 5,581 \leq \chi^2 = 6,635$$

Damit besteht kein Einwand gegen die Annahme einer Gleichverteilung der AFZS-Fahrzeuge in der ersten und zweiten Position des Zugverbandes in der betrachteten Fahrtrichtung.

3.3 Prüfungen zu Kontrolle und Korrektur der Zähldaten

Für Prüfungen der Datenaufbereitung sind folgende Datenstände erforderlich:

- ✔ **Rohdaten:** Werte aus den AFZS ohne weitere Aufbereitung. Die Daten liegen fahrt-, haltestellen- und türscharf vor; Ein- und Aussteigersummen können sich unterscheiden.
- ✔ **Spätaussteiger-bereinigte Daten:** Wie vorstehend beschrieben (Rohdaten), jedoch sind an Haltestellen mit langem Aufenthalt die Nachfragedaten um die erfassten Spätaussteiger bereinigt. Die Daten liegen fahrten- und haltestellenscharf vor, Ein- und Aussteigersummen können sich unterscheiden.
- ✔ **Salden-ausgegliche Daten:** Die Nachfragedaten wurden über den Fahrtverlauf so angepasst, dass die Ein- und Aussteigersummen übereinstimmen und keine negativen Belastungswerte vorkommen. Die salden-ausgeglichenen Nachfragewerte können Nachkommastellen aufweisen, die Daten liegen fahrten- und haltestellenscharf vor.

Sensorausfälle

Anhand der tür- und haltestellenbezogenen Rohdaten lassen sich Sensorausfälle erkennen. Dies lässt sich z.B. anhand einer Gegenüberstellung von automatischen und manuellen Zählungen ablesen.

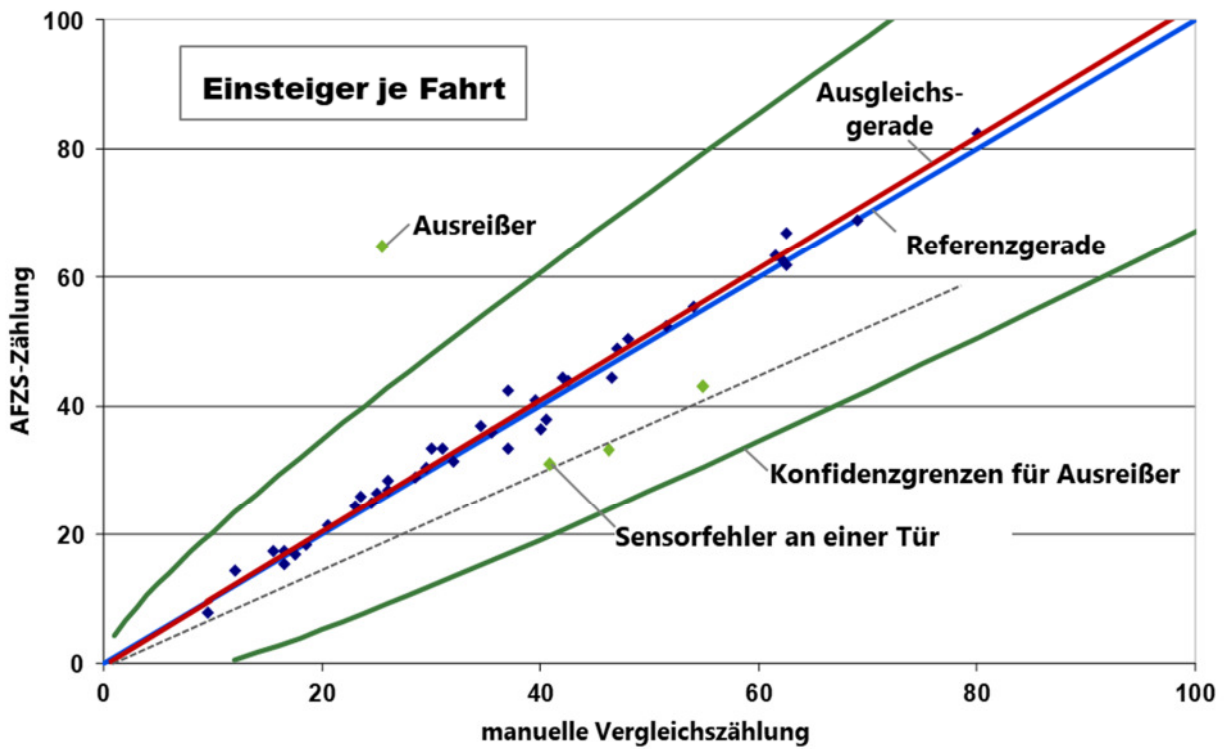


Abbildung 3-1: Gegenüberstellung von manuellen und AFZS-Zählungen einer Vergleichszählung

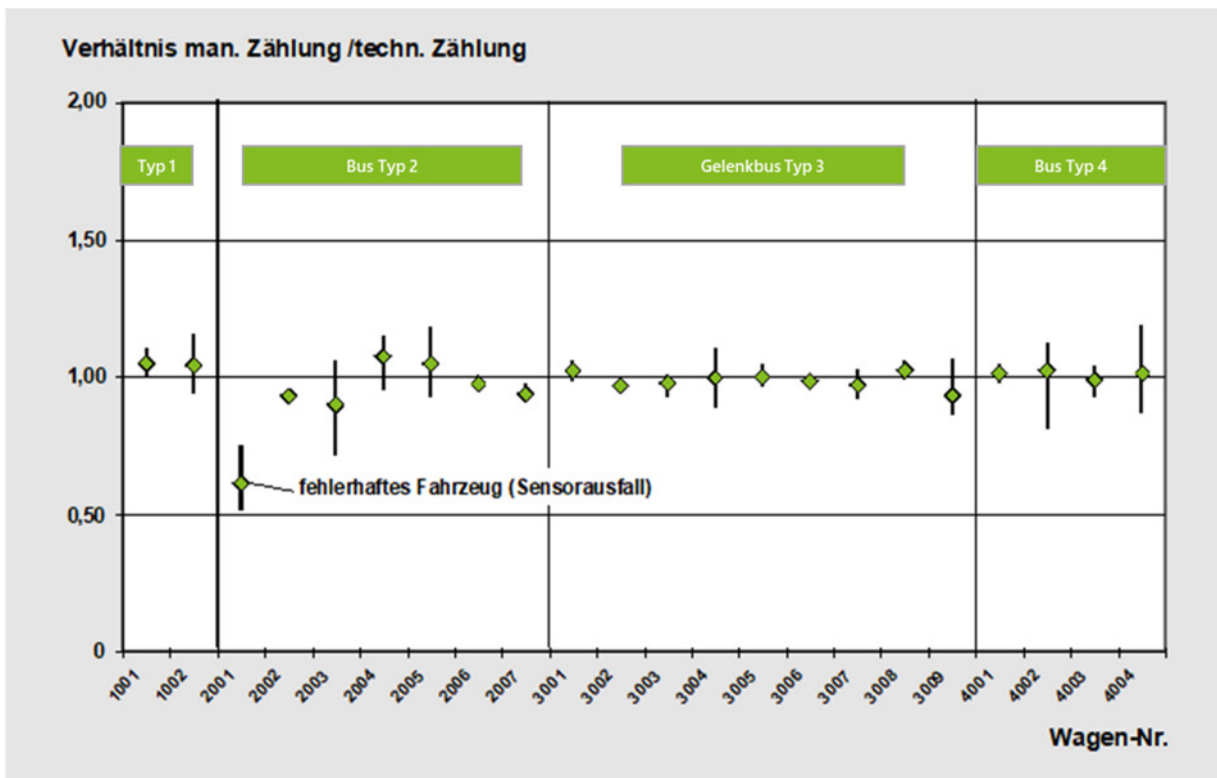


Abbildung 3-2: Verhältnis von manuellen und AFZS-Zählungen je Fahrzeug

Wartesaaleffekt

Beim „Wartesaaleffekt“ werden Fahrgäste aus den rohen Zählungen herausgerechnet, die bei längeren Bahnsteigaufenthalten mit freigegebenen Türen aus- und wieder einsteigen.

Um diese Mehrfachzustiege zu erkennen, wird bei längeren Aufenthalten nach 3 Minuten ein neuer Zählensatz generiert, der spätere Ein-/Ausstiege separat erfasst.

Bei später Aussteigenden wird unterstellt, dass sie den Zug an demselben Halt betreten und ihn als ‚Wartesaal‘ genutzt haben. Die durch das AFZS ermittelte Nachfrage wird um diese ‚Spätaussteiger‘ bereinigt. Entsprechend werden folgende Korrekturen vorgenommen:

- ✔ An der **Starthaltestelle einer Zählfahrt** werden die Ein- und Aussteiger der Haltestelle um die Zahl der Spätaussteiger verringert, wobei die verbleibenden Aussteiger zur vorangegangenen Fahrt zählen.
- ✔ An **Zwischenhalten mit langem Aufenthalt** werden Ein- und Aussteiger um die Zahl der Spätaussteiger reduziert.

- An **Endhaltestellen** werden die Ein- und Aussteiger um die Zahl der Spätaussteiger reduziert, wobei die verbleibenden Aussteiger zur endenden Fahrt und die verbleibenden Einsteiger zur beginnenden Fahrt gezählt werden.

Es sind folgende Prüfungen durchzuführen:

- Können die 3-min-Intervalle nach Türfreigabe in den Rohdaten einwandfrei identifiziert werden?
- Wird die Rechenvorschrift zum Wartesaaleffekt eingehalten? (Prüfung der Daten einzelner Halte an den Rohdaten)

Saldenausgleich

Beim „Saldenausgleich“ wird die Anzahl der Ein- und Aussteiger einer Linienfahrt aufeinander abgestimmt und außerdem sichergestellt, dass die rechnerische Besetzung nicht negativ wird. Hinweis: Der Saldenausgleich ist aus statistischen Gründen besonders effektiv, wenn die Wahrscheinlichkeit für einen Ausgleich der Ein- oder Aussteigerzahlen an einer Haltestelle proportional zur Wurzel der Ein- bzw. Aussteigerzahl ist.

- Entsprechen die Anzahlen der Ein- und Aussteiger je Fahrt nach dem Saldenausgleich dem Mittelwert der rohen Ein- und Aussteigerzahlen auf eine Nachkommastelle?
- Ist die Besetzung aller Haltestellenabschnitte der Zählfahrten nach dem Saldenausgleich nicht negativ?
- Wurden alle Zählfahrten aus der weiteren Verarbeitung ausgeschlossen, bei denen die erforderliche **Zählgüte** nicht erreicht wurde?

Beispiel:

$$| \text{Ein} - \text{Aus} | > \max \left\{ 5, \sqrt{3 \cdot \frac{(\text{Ein} + \text{Aus})}{2}} \right\}$$

mit

Ein Anzahl der Einsteiger einer Zählfahrt

Aus Anzahl der Aussteiger einer Zählfahrt

Beispiel 1: Ein = 20; Aus = 30

$$| 20 - 30 | = 10 > \max \left\{ 5, \sqrt{3 \cdot \frac{(20+30)}{2}} \right\} = 8,7 \quad \rightarrow \text{Zähldaten verwerfen}$$

Beispiel 2: Ein = 100; Aus = 110

$$| 100 - 110 | = 10 \leq \max \left\{ 5, \sqrt{3 \cdot \frac{(100+110)}{2}} \right\} = 17,7 \quad \rightarrow \text{Zähldaten akzeptieren}$$

Beispiel 3: Ein = 5; Aus = 10

$$|5 - 10| = 5 \leq \max \left\{ 5, \sqrt{3 \cdot \frac{(5+10)}{2}} \right\} = 5,0 \quad \rightarrow \text{Zähldaten akzeptieren}$$

Hinweis: Die Grenzen des durch die Zählgüte festgelegten Bereichs sind in Bild 1 eingetragen.

Einige betriebliche Sondersituationen erfordern spezielle Prüfungen der Zähldaten:

- ✔ Verbundräume unter Berücksichtigung von ein- und ausbrechenden Fahrten
- ✔ Verbundräume unter Berücksichtigung von Grenzzonen sowie von besonderen Verkehrsräumen in Tarifzonen (z. B. kleine Stadtverkehre)
- ✔ Ringlinien bzw. andere adäquate Fahr-, Dienst- oder Umlaufplan bedingte Verknüpfungen von Fahrten
- ✔ Überbelegung von Fahrzeugen (Aus- und Wiedereinstieg von Fahrgästen, um den Fahrgastwechsel zu ermöglichen)
- ✔ Gebietskörperschaften (z. B. Landkreise) für die unternehmensindividuelle Abrechnung von Verkehrsleistungen gegenüber Aufgabenträgern o. ä. vereinbart sind.
- ✔ Schleifenfahrten
- ✔ Doppelhaltestellen (zweimaliges Halten im Linienverlauf an einer Haltestelle)

4 Zertifizierung

Der Nachweis für die Zertifizierung des AFZS-Systems ist bis spätestens 6 Monate vor Beginn einer Fahrgasterhebung im KVV vorzulegen. Der Nachweis für die Zertifizierung ist erbracht, wenn durch einen anerkannten Gutachter die erfolgreiche Prüfung der Zählqualität (Erfassung der Ein- und Aussteiger) und oder die erfolgreiche Prüfung des Hintergrundsystems (Prüfung der Datenaufbereitung und Hochrechnung) nach den in dieser Durchführungsrichtlinie beschriebenen Richtwerten testiert werden kann.

Eine zeitlich voneinander getrennte Zertifizierung von Zählqualität und Hintergrundsystem ist grundsätzlich mit dem KVV abzustimmen. Dem KVV sind vor den folgenden Fahrgasterhebungen jeweils die Ergebnisse der jährlichen Vergleichszählungen mit kleinem Stichprobenumfang vorzulegen. Nach einem Zeitraum von 8 Jahren nach der Vorlage einer testierten Zertifizierung ist grundsätzlich eine neue Zertifizierung erforderlich.

Dem KVV ist ebenfalls der Nachweis über ein geeignetes Qualitätsmanagement vorzulegen,
