

---

## Kurzfassung

---

Name: Eva Margarete Schecker

Thema: Gegenüberstellung von Möglichkeiten zur automatisierten Fahrgasterfassung im Zug

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Manfred Boltze  
M.Sc. Tobias Monzert

---

Ziel dieser Ausarbeitung ist eine strukturierte Gegenüberstellung von Möglichkeiten zur automatisierten Fahrgasterfassung im Zug. Die Notwendigkeit einer automatisierten Fahrgasterfassung ergibt sich aus dem stetig steigenden Bedarf an Mobilität innerhalb der deutschen Bevölkerung. Dies erfordert insbesondere im öffentlichen Verkehr die Etablierung von effizienten und intelligenten Verkehrssystemen. Aus exakten Fahrgastzahlen ergibt sich für Verkehrsverbände, -unternehmen, -oder -planer ein unternehmerischer Mehrwert. Denn Hinsichtlich der zu erbringenden Verkehrsleistungen, sowie ökonomischer Betriebsabläufe bergen Fahrgastzahlen ein enormes Optimierungspotenzial. Mit Hilfe der Fahrgastzahlen lässt sich der Auslastungsgrad einzelner Fahrzeuge oder Wagen bestimmen, was wiederum die Erstellung eines bedarfsgerechten Fahrplans begünstigt. Ebenso können Fahrgastzahlen für die nachfrageorientierte Einnahmeaufteilung zwischen mehreren Verkehrsbetreibern eines Verkehrsverbundes herangezogen werden. Einnahmen und Kosten können so zwischen den Beteiligten gerecht aufgeteilt werden. Aufgrund des zeitlichen und personellen Aufwandes, sowie der geringen Aktualität von manuellen Fahrgasterfassungen, werden diese fast flächendeckend durch automatisierte Methoden ersetzt.

Neben dem Verkehrswesen finden Personenerfassungen auch in anderen Bereichen des öffentlichen und privaten Raumes statt. Im Einzelhandel, aber auch für Veranstaltungen und Versammlungen spielen bekannte Besucherzahlen eine zentrale und entscheidende Rolle hinsichtlich der Erfolgsbeurteilung. Im Notfall helfen solche Zahlen auch bei einer notwendigen Evakuierung eines Gebäudes oder eines Geländes. Grundlage der Personenerfassung in diesen Branchen können mechanische oder elektronische Systeme sein. Als mechanische Erfassungssysteme werden Zugangssperren in Form von Drehkreuzen bezeichnet. Diese sind oft mit einem Ticket-System gekoppelt und erfordern für ein erfolgreiches Durchqueren eine gültige Eintrittskarte. Zu den elektronischen Systemen werden vor allem Sensoren auf Basis verschiedener Techniken gezählt. Dazu zählen Lichtschranken, Radar- und Lasersysteme, sowie Infrarotsysteme. Dabei werden zwischen einem Sender und einem Empfänger Signale gesendet, welches beim Vorhandensein einer Person unterbrochen wird und dementsprechend vom Gerät als Personenzählung registriert wird. Videosysteme basieren auf einer Auswertung des Kamerabildes und erfassen Personen, sobald diese eine gesetzte Zähllinie überqueren. Im Bereich des Stadtmarketings wird in einigen deutschen Städten zur Personenerfassung auf das WLAN-Tracking des Smartphones zurückgegriffen. Da die dabei erfasste einmalige Identifikationsnummer eines Smartphones gespeichert werden kann, ist eine Erstellung von Bewegungsmustern einzelner Personen möglich.

Die Fahrgasterfassung in öffentlichen Verkehrsmitteln ist Teil einer Verkehrserhebung. Der Begriff der Fahrgasterfassung wird hier synonym zur Bedeutung der Fahrgastzählung eingesetzt. Neben Messungen, Beobachtungen und Befragungen gehört die Zählung zu den Standardarten einer Verkehrserhebung. Gekennzeichnet sind diese erhobenen Daten durch Vollständigkeit, Genauigkeit, Aktualität und Zuverlässigkeit. Wichtige Elemente einer Verkehrserhebung sind die Festlegung des zu untersuchenden Gebietes, sowie eine angemessene Dokumentationen aller Erhebungsvorgänge. Eine Zählung registriert

---

dabei eine Ortsveränderung von Personen oder Objekten. Im Fall der Fahrgasterfassung bzw. der Fahrgastzählung wird dem Name nach eine bestimmte Personengruppe ermittelt. Dies sind per Definition Personen, welche öffentliche Verkehrsmittel zum Zwecke eines Ortswechsels nutzen. Wie bereits erwähnt, existieren zwei Möglichkeiten der Fahrgasterfassung. Die manuelle Fahrgasterfassung erfolgt durch im Fahrzeug mitfahrendes Zählpersonal, während die automatisierte Fahrgasterfassung hauptsächlich durch im Fahrzeug installierte Zählsysteme erfolgt.

Erste automatisierte Systeme zur Ermittlung der Anzahl an Fahrgästen basierten auf der Ermittlung des zusätzlich im Fahrzeug vorhandenen Gewichts. Mit Hilfe eines angenommenen Durchschnittsgewichts eines Fahrgastes, konnten so Rückschlüsse auf den Besetzungsgrad des Fahrzeuges gezogen werden. Da diese Ergebnisse realitätsfern und ungenau waren, wurden sogenannte Automatische Fahrgastzählsysteme (AFZS) entwickelt. Die Zählzeiten stammen dabei aus sensor- oder videobasierten Systemen. Diese sind neben der Fahrgasterfassung auch in der Lage Objektklassifizierungen durchzuführen und so Fahrräder, Kinderwagen, Rollstühle oder Gepäckstücke eindeutig zu identifizieren. Nach einer Auswertung der Fahrgastzahlen lassen sich leicht Aussagen über nötige Zugfolgen, Zuglängen und Fahrzeuggrößen ableiten. Im deutschsprachigen Raum sind ca. 10-20 % der gesamten Fahrzeugflotte des ÖPNV mit AFZS ausgestattet. Eine Vollausrüstung aller Fahrzeuge ist nicht notwendig, denn durch die flexible Gestaltung hinsichtlich der Fahrzeugdisposition lassen sich einzelne Fahrzeuge bzw. Wagen leicht austauschen. Dementsprechend kann bei der Ausstattung von Zügen mit AFZS zwischen dem „Zugkonzept“ und dem „Wagenkonzept“ unterschieden werden. Beim erstgenannten Konzept sind alle Wagen eines Zuges mit AFZS ausgestattet, beim „Wagenkonzept“ hingegen nur einzelne Wagen.

Neben den AFZS gibt es auch noch weitere automatisierte Erfassungssysteme. Eine wesentliche Anforderung, welche an alle Erfassungsmethoden gestellt wird, ist der Datenschutz. In Deutschland fordert das Bundesdatenschutzgesetz (BDSG) die Wahrung der Persönlichkeitsrechte. Das BDSG und die jeweiligen Landesdatenschutzgesetze greifen bei der Erhebung, der Verarbeitung und der Nutzung von personenbezogenen Daten. Unter diese Art der Daten fallen Angaben, wie Alter und Geschlecht aber auch Informationen, welche indirekt einer bestimmten Person zugeordnet werden können (z.B. Telefonnummern, Sozialversicherungsnummern oder MAC-Adressen). Werden personenbezogene Daten ausreichend anonymisiert, ist deren Verwendung unproblematisch. Eine weitere Anforderung an solche Zählmethoden ist das Erreichen einer bestimmten Zählgenauigkeit. Liefert ein Zählsystem nicht die vom Auftraggeber geforderte Genauigkeit, ist eine Investition in dieses System überflüssig. Bei der Entscheidung für eine Erfassungsmethode muss auch auf deren Einsatzgebiet geachtet werden. Der Zählbereich einiger Methoden kann durch verschiedene Beschränkungen begrenzt werden. Darunter kann die Montagehöhe und -breite fallen, aber auch die Voraussetzung gewisser Lichtverhältnisse.

Genau wie AFZS gehören die Erfassungsmethoden, welche auf einer Datenauswertung von mobilen Endgeräten basieren, zu denjenigen Methoden, welche im Fahrzeug selbst stattfinden. Als ständiger elektronischer Begleiter kann heutzutage stellvertretend für die Position eines mobilen Endgerätes die Position des Besitzers angenommen werden. AFZS bestehen im Wesentlichen aus drei Komponenten: Der Erfassung, der Übertragung und der Auswertung der Daten. Die Erfassung erfolgt mit Hilfe spezieller Sensoren. In dieser Arbeit wird auf die Stereokameras und die 3D-Infrarot-Technik genauer eingegangen. Eine Stereokamera besteht aus zwei Kameralinsen, welche einen definierten Eingangsbereich von oben überwachen. Wenn ein Fahrgast diesen Bereich betritt, wird der Abstand zwischen Sensor und dieser Person ermittelt, woraus ein dreidimensionales Höhenprofil des erfassten Fahrgastes erzeugt wird. So können Ein- und Aussteigervorgänge identifiziert werden. Mittels Verkabelung innerhalb des Fahrzeuges, werden die Zählzeiten an ein Aufzeichnungsgerät übertragen. Von dort aus werden die Zählzeiten über Mobilfunk (z.B. 3G/4G) an die Zentrale gesendet und mit Hilfe

---

einer speziellen Software am Computer ausgewertet. In Bezug auf die Datenübertragung und Datenauswertung funktionieren AFZS mit 3D-Infrarottechnik ähnlich wie die mit Stereokamera, lediglich die Erfassungstechnik ist eine andere. Grundlage dieser Methode ist die Infrarotstrahlung, welche von einem Sensor im Türbereich abgestrahlt wird und vom Fahrgast im Eingangsbereich reflektiert und zurück zum Sensor geschickt wird. Der Abstand zwischen Fahrgast und Sensor wird über die Laufzeit des infraroten Signals bestimmt. Aus mehreren Signalen, welche an einem Körper reflektiert werden, kann ebenfalls ein dreidimensionales Höhenprofil erstellt werden, aus dem Ein- und Aussteiger ermittelt werden können.

Die erste Smartphone basierende Erfassungsmethode ist die Auswertung der Floating Phone-Daten. Als solche werden Datensätze bezeichnet, welche durch Mobilfunkgeräte erhoben werden. Zur Positionsbestimmung von Fahrgästen in Zügen werden dabei Standortinformationen bezüglich Mobilfunktelefonen benötigt, welche von den Mobilfunkanbietern erhoben und weitergegeben werden. Dabei sind die Positionsbestimmungen umso präziser, falls das zu lokalisierende Mobilfunktelefon zu diesem Zeitpunkt eine aktive Verbindung hält. Eine aktive Verbindung besteht, wenn eine Gesprächs- oder eine Datenverbindung aufgebaut wird.

Auch das WLAN-Tracking fällt unter die Kategorie, welche auf einer Datenauswertung von mobilen Endgeräten basiert. Bei eingeschalteter WLAN-Funktion versucht das mobile Endgerät (Smartphone oder Tablet) ständig eine Verbindung zu einem sich in der Nähe befindlichen Router aufzubauen. Diese Verbindungsanfragen werden vom Router erkannt und gespeichert. Da hierbei auch immer die eindeutige Identifikationsnummer des mobilen Endgerätes (MAC-Adresse) übermittelt wird, können so einzelne Bewegungsmuster von Fahrgästen erstellt werden. Die sogenannte iBeacon-Technologie basiert ähnlich wie das WLAN-Tracking auf einer eingeschalteten Bluetooth-Funktion im mobilen Endgerät des Fahrgastes. Notwendig wird auch eine spezielle App, welche auf dem Endgerät installiert werden muss. iBeacons sind kleine Minisender, welche ein Bluetooth-Signal aussenden, welches von der auf dem mobilen Endgerät installierten App registriert wird. Darauf aufbauend kann die Entfernung zwischen iBeacon und Endgerät bestimmt werden.

Fahrgäste können auch über Systeme erfasst werden, ohne dass ein zusätzliches Gerät im Fahrzeug installiert werden muss. Über das elektronische Ticket in Form einer Chipkarte besteht ebenfalls die Möglichkeit die Anzahl an Fahrgästen in einem Fahrzeug zu bestimmen. Der Fahrgast hält dabei beim Ein- und beim Ausstieg seine Chipkarte an das Lesegerät, wodurch seine Anwesenheit im Fahrzeug registriert wird.

Genauso kann über die Anzahl der verkauften Papier-Tickets auf die im Fahrzeug anwesenden Fahrgäste geschlossen werden.

Eine weitere Erfassungsmethode ergibt sich aus der Analyse der Fahrgastanfragen an eine elektronische Fahrplanauskunft. Start und Ende der bevorstehenden Reise werden vom Fahrgast auf der Internetseite des Verkehrsbetreibers eingegeben und von einer speziellen Software protokolliert. Daraus lassen sich Fahrgastzahlen ableiten.

Auch auf internationaler Ebene werden Fahrgäste erfasst. Vor allem im europäischen Ausland kommen dafür AFZS deutscher Hersteller in Einsatz.

---

## Abstract

---

Name: Eva Margarete Schecker

Topic: Comparison of Possibilities for an Automated Passenger Detection in Trains

Advisor: Prof. Dr.-Ing. Manfred Boltze  
M.Sc. Tobias Monzert

---

The aim of this paper is a structured comparison of possibilities for an automated passenger detection in trains. The necessity for an automated passenger detection arises from the steadily increasing demand for mobility within the German population. This requires the establishment of efficient and intelligent traffic systems, especially in public transport. An exact number of passengers result in an entrepreneurial additional value for transport companies, associations or planners. With regard to the transport services to be performed, as well as economic operating procedures, passenger numbers have enormous potential for optimization. By dint of passenger numbers, the degree of utilization of each vehicle can be determined, which in turn favours the creation of needs-based timetables. Likewise, passenger numbers can be used for a demand-oriented revenue sharing between several transport operators of a transport association. The revenues and expenses can be divided fairly between the involved parties. Due to the temporal and personnel effort, as well as the low timeliness of data of the manually passenger detection, these method is almost replaced area-wide by automated ones.

In addition to traffic systems, people are also being recorded in other areas of public and private space. In retail, but also for events and gatherings, well-known visitor numbers are very important for the evaluation of success. In case of an emergency, such numbers also help in the event of a necessary evacuation of a building or an area. The basis of personal data collections in these sectors can be mechanical or electronic systems. Turnstiles are a typical mechanical system for people detection.

These are often linked with a ticket system and require a valid ticket for successful passage. Sensors based on various techniques are counted among the electronic systems. This includes light barriers, radar and laser systems, as well as infrared systems. In all cases, signals are sent between a transmitter and a receiver. During a presence of a person, this signal is interrupted and is accordingly registered as a people count by the sensor. Video systems are based on an analysis of the camera image and capture people as soon as they cross a placed counting line. On grounds on city marketing in people can also be detected through their smartphones. This function is based on tracking of WLAN. The thereby captured unique identification number of a smartphone can be stored and so a creation of movement patterns of individuals is possible.

The passenger detection in public transports is a part of a traffic survey. Here, the term passenger detection is synonymously used with the words passenger counting. In addition to measurements, observations and census, counting is one of the standard types of traffic surveys. These collected data are characterized by completeness, accuracy, timeliness and reliability. Important elements of a traffic survey are the definition of the area to be examined, as well as adequate documentation of all process steps. A count registered a change of location of persons or objects. According to the name of passenger counting, a specific group of persons is determined. By definition, these are persons who use public transport for the purpose of a change of location. As already mentioned, there are two possibilities of passenger detection. The manual passenger detection is carried out by counting staff travelling in the



---

vehicles, while automatic passenger detection is mainly carried out by counting systems installed in the vehicles.

The first automated systems of passenger detection in trains based on the determination of the additional weight in the vehicle. With the help of an assumed average weight of a passenger, conclusions about the occupancy rate of the vehicle could be drawn. Since these results were unrealistic and inaccurate, so called Automatic Passenger Counting Systems (APCS) were developed. The counting data comes from sensor- or video-based systems. In addition to passenger detection, APCS are also able to carry out an object classification and so clearly identify bicycles, baby strollers, wheelchairs or luggage. After an evaluation of the passenger numbers, statements about necessary train sequences, train lengths and vehicle sizes can be easily derived. About 10-20 % of the entire vehicle fleet of public transport is equipped with APCS in the German-speaking countries. Because of the flexible and easily change of vehicles, a full equipment of all vehicle with APCS is not necessary. Accordingly a distinction can be made between the „train concept“ and the „wagon concept“. In the former concept, all wagons of a train are equipped with APCS, whereas in the „wagon concept“ only individual wagons are equipped.

In addition to the APCS, there are also other automated detection systems. An essential requirement that is imposed on all methods of detection is data protection. In Germany, the Federal Data Protection Act (BDSG) demands the preservation of personal rights. The BDSG and the respective state data protection laws are used in the collection, processing and use of personal data. This type of data includes information such as age and sex, but also information that can be indirectly attributed to a particular person (e.g. telephone numbers, social security numbers or MAC-addresses). If personal data is sufficiently anonymised, its use is unproblematic. Another requirement of such detection methods is the achievement of a certain counting accuracy. If a counting system does not deliver the accuracy required by the client, an investment in this system is unnecessary. When deciding on a detection method, attention must also be paid to its field of application. The counting range of some methods is limited by different restrictions. This may include the mounting height and width, but also the requirement of certain lighting conditions.

Just like APCS, the detection methods based on data analysis from mobile devices are among the methods used in the vehicle itself. As a permanent electronic companion, the position of the owner can nowadays be assumed as the position of the mobile device. Essentially, APCS consists of three components: the detection, transmission and analysis of the data. The detection takes place with the help of special sensors. In this paper, the stereo cameras and the 3D-infrared technology are discussed in more detail. A stereo camera consists of two camera lenses, which monitor a defined entrance area from above. When a passenger enters this area, the distance between the sensor and the passenger is determined and a three-dimensional height profile of the detected passenger is generated. This way, entry and exit processes can be identified. By means of wiring inside the vehicle, the count data are transmitted to a recording device. From there, the count data are sent to the central office via cellular technology and evaluated on the computer using special software. With regard to transmission and analysis, APCS with 3D-infrared technology work in a similar way to those with stereo camera. Only the detection technology is different. The basis of this method is the infrared radiation, which is radiated by a sensor. The distance between the passenger and the sensor is determined by the transit time of the infrared signal. A three-dimensional height profile can be created from several signals, which are reflected on a body. So the entry and exit process of the passenger can be determined.

A smartphone-based detection method is the evaluation of the floating phone data. Those are data sets which are imposed on cellular phones. To determine the position of passengers in trains, location information about the cellular phones are necessary. Those information are collected and passed by the

---

mobile network operators. The position determinations are more precise if the cellular phones keep an active connection at this time. An active connection exists when a call or a data connection is established. Also the WLAN tracking is based on a data evaluation of mobile devices. When WLAN is on, the mobile device (smartphone or tablet) is constantly trying to connect to a nearby router. These connection requests are recognized and stored by the router. As the unique identification number of the mobile terminal (MAC-address) is transmitted, individual movement patterns of passenger can be created.

The so-called iBeacon technology is similar to the WLAN tracking, but with a switched Bluetooth function in the mobile terminal of the passenger. A special app, which must be installed on the mobile terminal, is also necessary. iBeacons are small transmitters that emit a Bluetooth signal, which is registered by the app. Based on this, the distance between a iBeacon and the mobile device can be determined.

Passengers can also be detected by systems without the necessity to install an additional device in the vehicle. With the electronic ticket in form of a chip card it's also possible to determine the number of passengers in a vehicle. The passenger set his chip card on a special reader when entering and exiting the vehicle, whereby his presence is registered.

In the same way, the number of sold paper tickets can be used to identify the passengers present in the vehicle.

Another method of a detection of passengers is based on the analysis of passenger requests for an electronic journey planner. Start and end of the upcoming trip are entered on the website of the transport operator by the passenger and logged by a special software. From this, passenger numbers can be derived.

Passengers are also recorded at the international level. Especially in other European countries APCS of German manufacturers are used.