

(19)



(11)

EP 2 009 610 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

31.12.2008 Patentblatt 2009/01

(51) Int Cl.:

G08G 1/01 (2006.01)**G08G 1/015 (2006.01)**(21) Anmeldenummer: **08104501.5**(22) Anmeldetag: **23.06.2008**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL NO PL PT
RO SE SI SK TR**

Benannte Erstreckungsstaaten:

AL BA MK RS(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
80333 München (DE)**

(72) Erfinder:

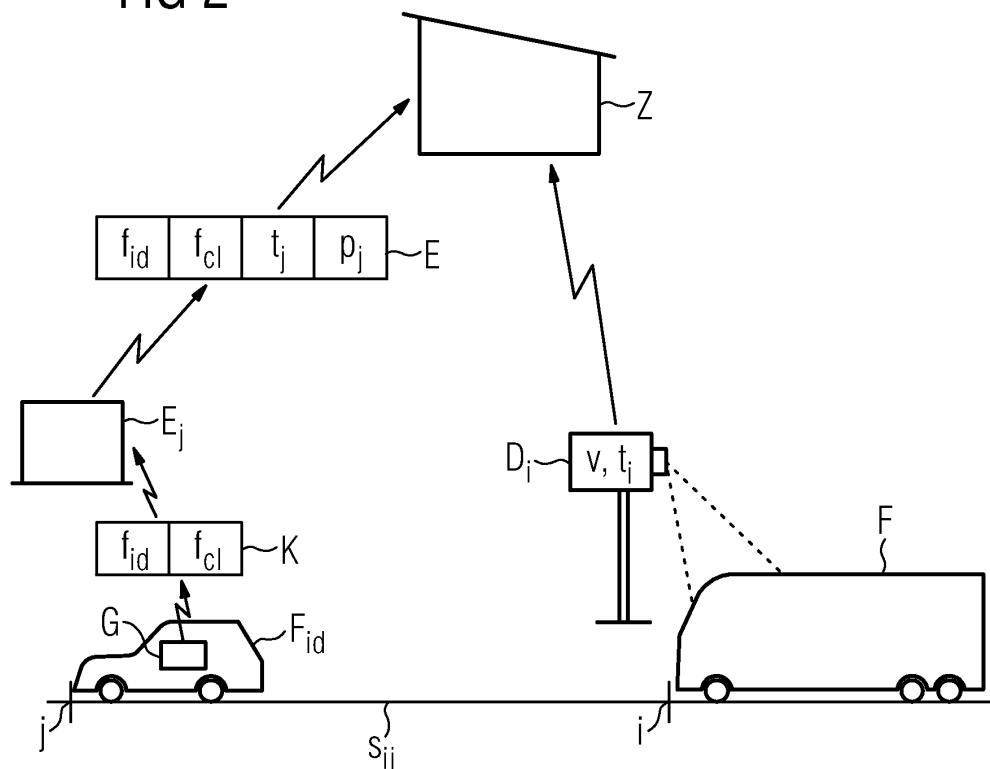
- **Sachse, Thomas
83052 Bruckmühl (DE)**
- **Vogel, Peter
82166 Gräfelfing (DE)**

(30) Priorität: **26.06.2007 DE 102007029350**

(54) **Verfahren und Vorrichtung zum Ermitteln einer auf eine Strecke eines Straßennetzes bezogenen Verkehrsgröße**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Ermitteln einer auf eine Strecke (s_{ij}) eines Straßennetzes bezogenen Verkehrsgröße, insbesondere einer Reisezeit oder einer Quelle-Ziel-Beziehung, wobei für ein individuelles Fahrzeug (F_{id}) die Zeitpunkte (t_j) erfasst werden, zu welchen das Fahrzeug (F_{id}) eine Einfahrt (i) in die Strecke (s_{ij}) und dann eine Ausfahrt (j) aus der Strecke

(s_{ij}) passiert, und wobei wenigstens aus den erfassten Zeitpunkten (t_j) ein individueller Wert der Verkehrsgröße bestimmt wird, sowie eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens. Wenn die dem Fahrzeug (F_{id}) zugeordneten Zeitpunkte (t_j) anonymisiert erfasst werden, können aufgrund einer breiteren mikroskopischen Datenbasis genauere und verlässlichere Werte für die Verkehrsgröße ermittelt werden.

FIG 2**EP 2 009 610 A2**

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Ermitteln einer auf eine Strecke eines Straßennetzes bezogenen Verkehrsgröße nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 1 sowie eine Vorrichtung zum Durchführen des Verfahrens.

[0002] Als streckenbezogene Verkehrsgrößen sind insbesondere die für eine Strecke benötigte Reisezeit und die Quelle-Ziel-Beziehung einer Strecke von Interesse, das heißt die Anzahl an während eines Messintervalls die Strecke durchfahrenden Fahrzeugen. Sowohl die Analyse des aktuellen Verkehrszustandes als auch die Prognose des künftigen Verkehrszustandes bilden wesentliche Grundlagen, um Verkehrsbeeinflussungsanlagen wirtschaftlich betreiben zu können. Je genauer der Verkehrszustand bestimmt werden kann, umso besser und gezielter kann ein Eingriff in den laufenden Verkehr erfolgen oder Empfehlungen abgegeben werden. Die Wirkung von Verkehrsinformations- und Verkehrsbeeinflussungssystemen hängt dabei stark von der Plausibilität und der Akzeptanz der Verkehrsinformationen ab, die übermittelt oder angezeigt werden. Neben den Betreibern von Verkehrssteuerungssystemen fordern insbesondere die individuellen Nutzer von Verkehrsinformationssystemen aktuelle und genaue Informationen über den Verkehrszustand, vor allem über die Reisezeit, um ihre vorgesehene Fahrt besser planen und durchführen zu können.

[0003] Die Erfassung des aktuellen Verkehrszustandes beruht auf zwei grundsätzlich unterschiedlich gewonnenen Datenquellen. Zum einen werden streckenbezogene Verkehrsgrößen aus sogenannten makroskopischen Daten ermittelt, das heißt Verkehrsdaten, die nicht für individuelle Einzelfahrzeuge vorliegen, sondern für ein Kollektiv von beliebigen Fahrzeugen. Hierzu gehören Querschnittsmessungen von Detektionseinheiten, welche in einem vorgegebenen Messintervall Fahrzeuge zählen und deren Geschwindigkeiten messen, um daraus die Verkehrsstärke und die mittlere Geschwindigkeit zu bestimmen. Die erfassten Verkehrsdaten liegen jedoch lokal für den speziellen Ort des Messquerschnitts vor, woraus streckenbezogene Verkehrsgrößen erst durch Hochrechnung ermittelt werden müssen.

[0004] Daneben können der Ermittlung des Verkehrszustandes auch sogenannte mikroskopische Daten zugrunde liegen, welche dann jeweils nur für einzelne, individuelle Fahrzeuge gültig sind, aber dafür streckenbezogen vorliegen. Beispiele für solche mikroskopischen Daten sind Reisezeiten auf definierten Strecken oder individuelle Fahrten im Straßennetz, hier auch Quelle-Ziel-Beziehungen genannt, welche Aussagen über Strecken durch ein Straßennetz zulassen. Solche mikroskopischen Verkehrsdaten liegen für Fahrzeuge von Stichprobenflotten vor, die jeweils mit einem Fahrzeuggerät ausgestattet sind. Solche Fahrzeuggeräte weisen typischerweise eine Einrichtung zur aktuellen Bestimmung der Position eines Fahrzeuges sowie eine Kommunikationseinrichtung zur Übertragung der aktuellen Position und Zeit an eine Ermittlungszentrale auf. Bekannt sind hier beispielsweise Taxiflotten oder Fahrzeugflotten, welche mit Mobilfunktelefonen ausgestattet sind.

[0005] Aus der Offenlegungsschrift DE 10 2004 002 808 A1 ist ein Verkehrssteuerungssystem bekannt, bei dem die Verkehrserfassung durch Querschnittsmessungen mit stationären Fahrzeugdetektoren, wie beispielsweise Induktionsschleifen, aber auch mittels der Floating-Car-Data-Technologie erfolgt, wobei bei letzterer ein sogenanntes kooperatives Fahrzeug autonom im Verkehrsstrom mitschwimmend zwischen zwei Knotenpunkten des Straßennetzes die Streckeninformationen Reisezeit, mittlere Geschwindigkeit und Beschleunigung sowie Haltezeiten und Stop-and-Go-Verhalten bestimmt. Die Floating-Car-Daten werden mittels drahtloser Kommunikation über ein GSM-Netz an einen Zentralcomputer zur Auswertung übertragen. Über die GSM-Verbindung ist nicht nur das Fahrzeug, sondern auch die Person des Fahrzeughalters und/oder der Fahrzeuglenkers identifizierbar.

[0006] Eine andere Möglichkeit der Erfassung von streckenbezogenen, mikroskopischen Verkehrsdaten stellt die Videodetektion an verschiedenen Orten im Straßennetz dar, wobei aus den Videobilddaten automatisch das Nummernschild des Fahrzeugs erkannt und gegebenenfalls auch ein Bild des Fahrzeugs gewonnen wird.

[0007] Die Verbreitung der bekannten Systeme zur Ermittlung von mikroskopischen, auf eine Strecke eines Straßennetzes bezogenen Verkehrsdaten ist jedoch noch zu gering, als dass diese von solchen Stichprobenflotten gelieferten Daten repräsentativ für das Gesamtkollektiv an Fahrzeugen wären. Dies liegt einerseits an dem hohen Kostenaufwand, den ein auf Videokameras basierendes System mit sich bringt, andererseits stehen einer breiteren Anwendung erhebliche datenschutzrechtliche Bedenken entgegen.

[0008] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Ermitteln einer auf eine Strecke eines Straßennetzes bezogenen Verkehrsgröße der eingangs genannten Art bereit zu stellen, womit genauere und verlässlichere Werte für diese Verkehrsgrößen ermittelt werden können.

[0009] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch ein gattungsgemäßes Verfahren zum Ermitteln einer auf eine Strecke eines Straßennetzes bezogenen Verkehrsgröße, mit dem im kennzeichnenden Teil des Patentanspruches 1 angegebenen Verfahrensschritten. Indem die dem Fahrzeug zugeordneten Zeitpunkte anonymisiert erfasst werden, bestehen keine Rückschlussmöglichkeiten auf den Halter oder Führer eines Fahrzeugs, dessen Zeitpunkte beim Passieren von Ein- und Ausfahrt einer Strecke des Straßennetzes erfasst werden. Die Erfindung geht davon aus, dass ein großes Hindernis für einen breiteren Einsatz von Fahrzeuggeräten für eine mikroskopische Verkehrsdatenerfassung die Rückschlussmöglichkeit von erfassten Daten auf den jeweiligen Fahrzeughalter bzw. Fahrzeugführer darstellt. Durch die Anonymität der erfindungsgemäßen Datenerfassung werden datenschutzrechtliche Bedenken ausgeräumt und damit die Akzeptanz eines derartigen Ermittlungsverfahrens bei potenziellen Nutzern verbessert. Hierdurch wird sich die

Anzahl an für eine Bezugsstrecke erfassten individuellen Fahrzeugdaten erhöhen. Durch diese verbesserte Datenbasis mikroskopisch erfasster Verkehrsdaten steigen Genauigkeit und Verlässlichkeit der daraus ermittelten streckenbezogenen Verkehrsgrößen.

[0010] In einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird vom Fahrzeug beim Passieren von Ein- und Ausfahrt an streckenseitige Erfassungseinheiten ein Kenndatensatz übertragen, der ein das Fahrzeug identifizierendes aber anonymes Identitätsdatum aufweist. Das Identitätsdatum kann in einem fahrzeugseitigen Gerät hinterlegt sein oder darin erzeugt werden, so dass an Streckenein- und -ausfahrten die Erfassung der Passagezeitpunkte mit der Übersendung des Identitätsdatums einhergeht. Diese Vorgehensweise erlaubt durch den Einsatz gängiger fahrzeugseitiger Ausrüstung und streckenseitiger Infrastruktur die anonyme Erfassung des Fahrzeugs, ohne dass dieses am Erfassungsort anhalten oder seine Geschwindigkeit verringern müsste. Über das anonyme Identitätsdatum ist zwar eine Verbindung zum individuellen Fahrzeug, jedoch nicht zum Fahrzeughalter oder aktuellen Fahrzeugführer hergestellt.

[0011] In einer bevorzugten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird das Identitätsdatum durch eine erzeugte Zufallszahl gebildet. Indem das Fahrzeuggerät einen Zufallsgenerator aufweist, muss das Identitätsdatum keinen permanent festen, an das Fahrzeuggerät gekoppelten Zahlenwert annehmen, sondern kann im Bedarfsfall willkürlich und zwar fahrzeugseitig erzeugt werden. Durch diese Maßnahme bestehen keine externen Eingriffsmöglichkeiten bei der Erzeugung der Zufallszahl, was die Anonymität des Identitätsdatums sowie das Zutrauen in die datenschutzrechtliche Integrität des erfindungsgemäßen Verfahrens erhöht.

[0012] Vorzugsweise wird die Zufallszahl jeweils bei Fahrtbeginn des Fahrzeugs neu erzeugt. Beispielsweise kann bei jedem Neustart des Motors eines individuellen Fahrzeugs die Zufallszahl im Fahrzeuggerät neu generiert werden, was die Rückschlussmöglichkeit von der Zufallszahl auf den Führer oder Halter eines Fahrzeugs noch schwerer ermöglicht. Dies wiederum verbessert die Akzeptanz des erfindungsgemäßen Verfahrens, wodurch die Benutzungsschwelle eines entsprechenden Fahrzeuggerätes senkt.

[0013] In einer vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens weist der Kenndatensatz wenigstens ein Klassendatum auf, welches eine Fahrzeugklasse repräsentiert, der das Fahrzeug zugeordnet ist. Durch die Aufnahme des Klassendatums in den Kenndatensatz ist es möglich, den individuellen Wert der zu ermittelnden Verkehrsgröße für unterschiedliche Klassen von Fahrzeugen zu bestimmen. Bei der weiteren Auswertung der übertragenen Passagezeitpunkte werden dann jeweils nur diejenigen Daten berücksichtigt, die von Fahrzeugen der jeweils betrachteten Fahrzeugklasse übertragen werden.

[0014] In einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens sind Klassendaten für die Fahrzeugklassen Personenkraftwagen, Lastkraftwagen, Busse, Gefahrguttransporter, Sondereinsatzfahrzeuge und Fahrzeuge eines bestimmten Herstellers vorgesehen. Hierdurch ist es möglich, die Verkehrsgröße gesondert für Fahrzeugklassen mit unterschiedlichen zulässigen Höchstgeschwindigkeiten auf der Bezugsstrecke zu ermitteln. Ebenfalls kann auf diese Weise das Fahrverhalten mit Fahrzeugen bestimmter Hersteller untersucht werden. Auch kann der individuelle Wert der zu ermittelnden Verkehrsgröße für Transportfahrzeuge gefährlicher Güter und für Einsatzfahrzeuge von Polizei, Feuerwehr oder Rettungsdiensten von Interesse sein. Für eine der zuletzt genannten Klassen von Fahrzeugen könnte das Identitätsdatum beispielsweise durch eine feste Zahl oder durch eine Zufallszahl innerhalb eines festgelegten Wertebereichs gegeben sein. Damit wäre einerseits die Anonymität der Zeitdatenerfassung gewährleistet, andererseits könnte dem Identitätsdatum entnommen werden, um welche dieser besonderen Fahrzeugklassen es sich bei dem individuellen Fahrzeug handelt.

[0015] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird in einer Erfassungseinheit ein übertragener Kenndatensatz um die dem passierenden Fahrzeug zugeordneten Zeit- und Ortsdaten der Fahrzeugpassagen ergänzt und als Erfassungsdatensatz an eine Auswertungszentrale übertragen. Damit stehen in der Auswertungszentrale die zur Ermittlung der streckenbezogenen Verkehrsgröße erforderlichen Erfassungsdatensätze zur Verfügung. Durch die Zusammenführung der Zeit- und Ortsdaten eines individuellen Fahrzeugs, welches zunächst die Einfahrt in die Strecke und dann die Ausfahrt aus der Strecke passiert hat, können diese mit Hilfe zentraler Rechenmittel ausgewertet werden.

[0016] In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird aus übertragenen Erfassungsdatensätzen mit jeweils übereinstimmenden Identitätsdaten der individuelle Wert der Verkehrsgröße berechnet. Aus der Vielzahl der in der Auswertungszentrale vorliegenden Erfassungsdatensätzen werden nun diejenigen Datensätze von Erfassungseinheiten an Streckenein- und -ausfahrt weiterverarbeitet, die übereinstimmende Identitätsdaten aufweisen, d.h. die die Zeit- und Ortsdaten von ein- und demselben individuellen Fahrzeug enthalten. Daraus lässt sich nun der individuelle Wert der zu ermittelnden Verkehrsgröße für jeweils ein Fahrzeug bezogen auf die betrachtete Strecke berechnen.

[0017] Mit Vorteil wird die individuelle Reisezeit für die Strecke durch Differenzbildung der Zeitdaten berechnet. Ohne Möglichkeit, auf den Fahrzeugführer oder Fahrzeughalter zu schließen, kann auf diese Weise ein individuelles Fahrzeug auf seinem Weg durch das Straßennetz verfolgt werden, indem in der Auswertungszentrale die Zeitdaten an den jeweiligen Enden der Strecken mitgeschrieben werden. Anhand der von den Erfassungseinheiten übertragenen Ortsdaten ist in der Auswertungszentrale mit Hilfe elektronischer Karten des Straßennetzes damit auch die Berechnung der jeweils

individuellen mittleren Reisegeschwindigkeit auf den betrachteten Strecken möglich. Die Länge der jeweiligen Strecke ist als Geoinformation in der elektronischen Karte hinterlegt.

[0018] In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird aus den individuellen Reisezeiten eines vorgegebenen Zeitintervalls durch Mittelung eine mikroskopische Reisezeit berechnet. Da erfahrungsgemäß die Reisezeiten von Wochentagen und Tageszeiten abhängen, werden die individuellen Reisezeiten für vorgegebene Zeitintervalle berechnet, deren Dauer von der Länge der Bezugsstrecke abhängt. Die mikroskopische Reisezeit einer Strecke wird dann durch Bildung des Mittelwertes aller in dem Zeitintervall erfassten individuellen Reisezeiten berechnet.

[0019] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die zu ermittelnde Reisezeit durch gewichtete Addition der mikroskopischen Reisezeit und einer makroskopischen Reisezeit für die Strecke berechnet, wobei die makroskopische Reisezeit aus während eines Zeitintervalls gemessenen Geschwindigkeiten einer Vielzahl an beliebigen Fahrzeugen berechnet wird, mit der diese wenigstens eine längs der Strecke angeordnete Detektionseinheit passieren. Ist die mikroskopische Reisezeit einer Strecke beispielsweise aufgrund der zu geringen Anzahl vorliegender Erfassungsdatensätze noch zu unsicher oder zu ungenau, werden zur Berechnung der zu ermittelnden Reisezeit für diese Strecke makroskopische Reisezeitdaten hinzugezogen. Hierzu ist längs der betrachteten Strecke wenigstens eine Detektionseinheit angeordnet, die die Geschwindigkeit passierender Fahrzeuge während eines bestimmten Zeitintervalls misst. Dabei kommt es nicht darauf an, ob ein Fahrzeug durch ein Identitätsdatum identifizierbar ist; es wird vielmehr jedes beliebige den Messquerschnitt passierende Fahrzeug detektiert und dessen Geschwindigkeit gemessen. Die daraus für die Strecke berechnete makroskopische Reisezeit sowie die mikroskopische Reisezeit werden nun mit Gewichtungsfaktoren multipliziert und dann zur Bildung der zu ermittelnden Reisezeit addiert.

[0020] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird für die Berechnung der makroskopischen Reisezeit und der mikroskopischen Reisezeit dasselbe Zeitintervall zugrunde gelegt. Dies gewährleistet die Vergleichbarkeit der makroskopischen und mikroskopischen Reisezeit, da die zugrunde liegenden erfassten Daten aus demselben Betrachtungszeitraum stammen.

[0021] In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die makroskopische Reisezeit durch Division der Länge der Strecke durch eine mittlere Geschwindigkeit auf der Strecke berechnet. Die Länge der betrachteten Strecke ist in der Auswertungszentrale aus einer elektronischen Karte verfügbar, wobei die mittlere Geschwindigkeit auf der Strecke durch Mittelung sämtlicher in dem Betrachtungszeitraum gemessenen Geschwindigkeiten berechnet wird.

[0022] In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die mittlere Geschwindigkeit durch Mittelung der während des Zeitintervalls an Detektionseinheiten an der Streckenein- und -ausfahrt gemessenen Geschwindigkeiten berechnet. Geht man davon aus, dass sich die Geschwindigkeit eines Fahrzeugs auf der Bezugsstrecke zwischen Ein- und Ausfahrt nur linear ändert, resultiert aus dieser Mittelwertbildung ein besonders guter Wert der mittleren Geschwindigkeit.

[0023] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens sind die Gewichtungsfaktoren zur Berechnung der Reisezeit normiert und hängen von der Standardabweichung der gemessenen Geschwindigkeiten ab. Die Summe der Gewichtungsfaktoren für die mikroskopische und makroskopische Reisezeit beträgt also eins. In die Gewichte verteilt fließt die Streuung der gemessenen Einzelgeschwindigkeiten um den Mittelwert ein. Vorzugsweise nimmt der Gewichtungsfaktor für die makroskopische Reisezeit mit wachsender Standardabweichung ab. Das heißt, je stärker die gemessenen Einzelgeschwindigkeiten um die mittlere Geschwindigkeit streuen, desto geringer soll das Gewicht der makroskopischen Reisezeit bei der Berechnung der zu ermittelnden Reisezeit sein. Bei harmonischen Verkehrsverhältnissen, bei welchen sich alle Fahrzeuge mit annähernd gleicher Geschwindigkeit bewegen, nimmt das Gewicht für die makroskopische Reisezeit hingegen zu.

[0024] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die individuelle Quelle-Ziel-Beziehung für die Strecke durch Aufsummieren der Fahrzeuge berechnet, die während eines Messintervalls die Strecke von ihrer Einfahrt bis zu ihrer Ausfahrt durchfahren. Die Quelle-Ziel-Beziehung einer Strecke gibt also an, wie viele Fahrzeuge innerhalb des Messintervalls von der Einfahrt bis zur Ausfahrt der Strecke gefahren sind. Diese Verkehrsgröße ergibt sich in der Auswertungszentrale einfach durch Aufsummieren der Fahrzeuge, die innerhalb des Messintervalls je einen Kenndatensatz an die zugehörigen Erfassungseinheiten übertragen haben.

[0025] In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird aus den Quelle-Ziel-Beziehungen für Strecken, durch deren Einfahrten Fahrzeuge in das Straßennetz einfahren und durch deren Ausfahrten aus dem Straßennetz wieder ausfahren, eine mikroskopische Quelle-Ziel-Matrix für das Straßennetz gebildet. Interessant sind diese Quelle-Ziel-Beziehungen für die Zu- bzw. Ausfahrten eines gesamten Straßennetzes, ungeachtet der Strecke, die ein individuelles Fahrzeug von der Einfahrt in das Straßennetz zur betrachteten Ausfahrt aus dem Straßennetz gewählt hat. Anders als die über Abbiegebeziehungen an Knotenpunkten des Straßennetzes indirekt hochgerechneten makroskopischen Quelle-Ziel-Matrizen, geben mikroskopische Quelle-Ziel-Matrizen Anzahlen von tatsächlich zwischen einer Einfahrt und Ausfahrt des Straßennetzes gefahrenen Fahrzeugen an.

[0026] In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird nun die zu ermittelnde

Quelle-Ziel-Matrix aus der mikroskopischen Quellen-Ziel-Matrix und aus der Anzahl an sämtlichen Fahrzeugen, die während des Messintervalls Detektionseinheiten an Straßennetzeinfahrten und -ausfahrten passieren, berechnet. Aus den Fahrzeugzählungen an den Einfahrten und Ausfahrten des Straßennetzes ist das während des Messintervalls tatsächlich in das Straßennetz einfahrende und daraus ausfahrende Gesamtaufkommen an Fahrzeugen bekannt. Aus der mikroskopischen Quelle-Ziel-Matrix für dieses Straßennetz ist jedoch nur der Teil an individuellen Fahrzeugen berücksichtigt, der über ein Fahrzeuggerät identifizierbar ist.

[0027] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens entsprechen die Fahrzeuganzahlen an den Einfahrten bzw. Ausfahrten des Straßennetzes den Zeilensummen bzw. Spaltensummen der zu ermittelnden Quelle-Ziel-Matrix, wobei die Einträge der mikroskopischen Quelle-Ziel-Matrix als Gewichte für die Zeilen- und Spaltensummen verwendet werden. Eine Möglichkeit, hieraus die Quelle-Ziel-Matrix zu ermitteln, ist eine Hochrechnung mittels des Matrix-Ausgleichs-Verfahrens nach Furness.

[0028] Weitere Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens ergeben sich aus einem Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens, welches nachfolgend anhand der Zeichnungen näher erläutert wird, in deren

FIG 1 ein das Straßennetz wiedergebender Kartenausschnitt,

FIG 2 eine erfindungsgemäße Vorrichtung zum Ermitteln einer auf eine Strecke des Straßennetzes bezogenen Verkehrsgröße

schematisch veranschaulicht sind.

[0029] Gemäß FIG 1 weist ein Straßennetz S eine Vielzahl an Strecken auf, die durch Fernstraßen oder innerstädtische Straßen gebildet sein können. Die Straßen sind durch Knotenpunkte miteinander verbunden, in deren Bereich Ein- und Ausfahrten einer Strecke liegen. Eine Strecke s_{ij} im Inneren des Straßennetzes S weist beispielsweise die Einfahrt i , durch die Fahrzeuge in die Strecke s_{ij} einfahren, und eine Ausfahrt j auf, durch die Fahrzeuge aus der Strecke s_{ij} ausfahren. Für jede dieser Strecken s_{ij} kann mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens eine Reisezeit - oder, aufgrund der bekannten Streckenlänge äquivalent dazu, eine Reisegeschwindigkeit - ermittelt werden. Die Reisezeiten auf den Strecken s_{ij} repräsentieren den vorherrschenden Verkehrszustand und stellen eine Grundlage für Routenplanungen innerhalb des Straßennetzes S dar. Betrachtet man Strecken S_{kl} , deren Einfahrt k und Ausfahrt l am Rande des Straßennetzes S liegen, so wird mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens eine Quelle-Ziel-Beziehung als interessierende Verkehrsgröße ermittelt. Dabei handelt es sich um die Anzahl von Fahrzeugen, die innerhalb eines vorgegebenen Messintervalls von der Netzeinfahrt k bis zur Netzausfahrt l gefahren sind. Die Quelle-Ziel-Beziehungen sämtlicher Einfahrten k und Ausfahrten l eines Straßennetzes S werden in Form einer Quelle-Ziel-Matrix dargestellt, die ebenfalls ein Abbild des Verkehrszustandes und eine wichtige Grundlage für die Verkehrssteuerung und Verkehrsplanung ist.

[0030] Zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist eine Vorrichtung zum Ermitteln einer auf eine Strecke s_{ij} eines Straßennetzes S bezogenen Verkehrsgröße vorgesehen, die gemäß FIG 2 eine Erfassungseinheit E_j an der Ausfahrt j der Strecke s_{ij} sowie - nicht in FIG 2 dargestellt - eine entsprechende Erfassungseinheit an der Einfahrt i der Strecke s_{ij} aufweist. An jede Erfassungseinheit E_j wird von einem vorbeifahrenden Fahrzeug F_{id} , welches ein erfindungsgemäßes Fahrzeuggerät G mit sich führt, ein Kennungsdatensatz K übertragen. Der Kennungsdatensatz K weist ein Identitätsdatum f_{id} sowie ein Klassendatum f_{cl} des Fahrzeugs F_{id} auf, wobei das Identitätsdatum f_{id} das individuelle Fahrzeug F_{id} identifiziert, während das Klassendatum f_{cl} die Zugehörigkeit des individuellen Fahrzeugs F_{id} zu einer Fahrzeugklasse, beispielsweise Personenkraftwagen, definiert. Zusätzlich kann im Kennungsdatensatz K die aktuelle Geschwindigkeit des individuellen Fahrzeugs F_{id} übertragen werden.

[0031] Das Identitätsdatum f_{id} wird im Fahrzeuggerät G mittels eines Zufallsgenerators bei Fahrtbeginn, beispielsweise bei Betätigen der Motorzündung, in Form einer Zufallszahl erzeugt, während Klassendaten f_{cl} fest vorgegeben sind. Ein individuelles Fahrzeug F_{id} kann beispielsweise gleichzeitig den Fahrzeugklassen "Personenkraftwagen" und "Fahrzeuge eines bestimmten Herstellers" angehören. Für die Übermittlung des Kennungsdatensatzes K sind das Fahrzeuggerät G und die Erfassungseinheit E_j mit entsprechenden Kommunikationsmitteln für eine drahtlose Datenübertragung, beispielsweise über Kurzwellenfunk oder GPRS, und geeignete Datenverarbeitungsmittel ausgestattet.

[0032] Ein Kennungsdatensatz K kann beispielsweise 64 Bit aufweisen, wobei die ersten 17 Bits (Nr. 0 bis 16) das oder die Klassendaten f_{cl} und die nächsten 46 Bits (Nr. 17 bis 62) das Identitätsdatum f_{id} beinhalten und das letzte Bit (Nr. 63) angibt, ob es sich bei dem Identitätsdatum f_{id} um eine Zufallszahl oder um eine Zufallszahl aus einem bestimmten Wertebereich oder aber um eine fest Zahl handelt.

[0033] In jeder Erfassungseinheit E_j wird nun der empfangene Kennungsdatensatz K um ein Zeitdatum t_j , welches den Zeitpunkt der Fahrzeugpassage repräsentiert, und um ein Ortsdatum p_j , welches den Ort der Fahrzeugpassage darstellt, ergänzt und als Erfassungsdatensatz E an eine Auswertungszentrale Z übertragen. Aus sämtlichen übertragenen Erfassungsdatensätzen E mit übereinstimmenden Identitätsdaten f_{id} können nun mikroskopische Werte streckenbezogener Verkehrsgrößen für das Straßennetz S berechnet werden.

[0034] Mittels der übertragenen Klassendaten f_{cl} können diese streckenbezogenen Verkehrsgrößen gesondert für verschiedene Fahrzeugklassen, wie Personenkraftwagen, Lastkraftwagen, Busse, Gefahrguttransporter, Sondereinsatzfahrzeuge oder Fahrzeuge eines bestimmten Herstellers berechnet werden. Reisezeiten, mittlere Geschwindigkeiten und Quelle-Ziel-Matrizen werden für die verschiedenen Fahrzeugklassen aus den mikroskopischen Daten von individuellen Fahrzeugen F_{id} ermittelt, die der jeweiligen Fahrzeugklasse angehören. So gelten für verschiedene Fahrzeugklassen unterschiedliche zulässige Höchstgeschwindigkeiten. Ebenso ist das Fahrverhalten mit Fahrzeugen verschiedener Hersteller untersuchbar. Auch kann der individuelle Wert der zu ermittelnden Verkehrsgröße für Transportfahrzeuge gefährlicher Güter und für Einsatzfahrzeuge von Polizei, Feuerwehr oder Rettungsdiensten von Interesse sein.

[0035] Wesentlich für die Erfindung ist es, dass die zeitliche und örtliche Verfolgung eines individuellen Fahrzeugs F_{id} auf den Strecken s_{ij} durch das Straßennetz S anonymisiert, d.h. ohne Rückschlussmöglichkeit auf die Person des Führers, Eigentümers oder Halters des individuellen Fahrzeugs F_{id} erfolgt. In der Zentrale Z liegt lediglich die Information vor, dass ein und dasselbe Fahrzeug F_{id} zu bestimmten Zeitpunkten t_j Erfassungseinheiten E_j passiert hat, jedoch nicht welches Kennzeichen dieses Fahrzeug F_{id} trägt oder welche Person das Fahrzeug F_{id} gefahren ist. Durch die anonymisierte Erfassung der dem Fahrzeug F_{id} zugeordneten Zeitpunkte t_j werden datenschutzrechtliche Bedenken bei Verkehrsteilnehmern ausgeräumt, was die Grundlage für eine breite Akzeptanz des erfindungsgemäßen Systems zur Ermittlung streckenbezogener Verkehrsgrößen und damit die zugrunde liegende Datenbasis verbessert.

[0036] Solange die erforderliche Ausstattungshäufigkeit an individuellen Fahrzeugen F_{id} mit Fahrzeuggeräten G noch nicht erreicht ist, werden makroskopische Verkehrsdaten zur Erlangung einer genaueren und verlässlicheren Gesamtaussage über die Verkehrsgröße hinzugezogen.

[0037] Zur Ermittlung makroskopischer Verkehrsgrößen werden durch eine streckenseitige Detektionseinheit D_i an der Einfahrt i in die Strecke s_{ij} und durch eine - in FIG 2 nicht dargestellt - Detektionseinheit an der Ausfahrt j an der Strecke s_{ij} die Geschwindigkeiten v_i von beliebigen, diesen Messquerschnitt passierenden Fahrzeugen F gemessen. Die Detektionseinheit D_i ist als Passivinfrastruktorsensor ausgebildet, kann jedoch auch durch eine Induktionsschleife gebildet werden. Die gemessenen Geschwindigkeiten v_i werden von der Detektionseinheit D_i zusammen mit dem Messzeitpunkt t_i an die Auswertungszentrale Z übertragen - entweder über vorhandene Leitungen oder drahtlos. Dabei ist es nicht möglich, aber auch unerheblich, zu entscheiden, welche Geschwindigkeit ein Fahrzeug F erst an der Einfahrt i und dann an der Ausfahrt j der Strecke s_{ij} hatte. Hingegen soll von jedem während eines Messintervalls die Detektionseinheiten D_i passierenden Fahrzeug F dessen Geschwindigkeit v_i gemessen werden.

[0038] In der Auswertungszentrale Z werden nun über eine Empfangseinrichtung die Erfassungsdatensätze E empfangen und aus den übertragenen Zeit-Geschwindigkeits-Informationen mit Hilfe geeigneter Datenverarbeitungsmittel die gesuchten Verkehrsgrößen berechnet. Die individuelle Reisezeit t_{ij}^n eines individuellen Fahrzeugs F_{id} mit der laufenden Nummer n ergibt sich aus der Differenz der Zeit t_j^n , zu der das Fahrzeug F_{id} die Ausfahrt j der Strecke s_{ij} passiert, und der Zeit t_i^n , zu der dieses Fahrzeug F_{id} die Einfahrt i in die Strecke s_{ij} passiert hat:

$$t_{ij}^n = t_j^n - t_i^n$$

[0039] Die mikroskopische Reisezeit $\tilde{t}_{ij}$ für die Strecke s_{ij} ergibt sich nun durch Mittelwertbildung der individuellen Reisezeiten t_{ij}^n aller Fahrzeuge F_{id} ($n = 1, \dots, N$), deren Passagezeitpunkte von Einfahrt i und Ausfahrt j der Strecke s_{ij} innerhalb eines vorgegebenen Zeitintervalls liegen:

$$\tilde{t}_{ij} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{n=1}^N t_{ij}^n$$

[0040] Es ist hierbei wichtig, dass die Erfassungseinheiten E_j , an die die individuellen Fahrzeuge F_{id} ihre Kenndatensätze K übertragen, derart an einer Einfahrt i bzw. Ausfahrt j der Strecke s_{ij} angeordnet werden, dass keine Alternativrouten zwischen Ein- und Ausfahrt möglich sind.

[0041] Die mikroskopische Reisezeit $\tilde{t}_{ij}$ kann nun durch gewichtete Mittelwertbildung mit einer für die Strecke s_{ij} ermittelten makroskopischen Reisezeit t_{ij} fusioniert werden, um einen verbesserten Wert für die zu ermittelnde Reisezeit t_{ij} der Strecke s_{ij} zu berechnen:

$$t_{ij} = (1 - g) \cdot \tilde{t}_{ij} + g \cdot \hat{t}_{ij}$$

5 **[0042]** Die makroskopische Reisezeit $\hat{t}_{ij}$ wird ermittelt als Quotient aus der Länge d_{ij} der Strecke s_{ij} und einer mittleren Geschwindigkeit $\bar{v}_j$ auf der Strecke s_{ij} :

10
$$\hat{t}_{ij} = \frac{d_{ij}}{\bar{v}_{ij}}$$

15 **[0043]** Die mittlere Geschwindigkeit $\bar{v}_j$ wird durch Mittelwertbildung aller am Streckeneingang i detektierten Geschwindigkeiten v_i^1 von beliebigen Fahrzeugen F ($l = 1, \dots, L$) und aller am Streckenausgang j gemessenen Geschwindigkeiten v_j^m von beliebigen Fahrzeugen F ($m = 1, \dots, M$), wobei in dem betrachteten Zeitintervall - welches vorteilhaft identisch mit dem Zeitintervall für die mikroskopische Reisezeit gewählt wird - L Fahrzeuge F die Streckeneinfahrt i und M Fahrzeuge F die Streckenausfahrt j passiert haben:

20

25
$$\bar{v}_{ij} = \frac{1}{L + M} \cdot \left(\sum_{l=1}^L v_i^l + \sum_{m=1}^M v_j^m \right)$$

30 **[0044]** Der Gewichtungsfaktor g für die makroskopische Reisezeit $\hat{t}_{ij}$ und damit der Gewichtungsfaktor $1-g$ für die mikroskopische Reisezeit $\tilde{t}_{ij}$ wird dabei in Abhängigkeit einer gewichteten, auf die Strecke s_{ij} bezogenen Standardabweichung σ_{ij} gemäß folgender Tabelle gewählt:

σ_{ij} in km/h	g
< 5	0,9
5 - 10	0,7
10 - 15	0,5
> 15	0,3

35

40 **[0045]** Demnach soll das Gewicht g für die makroskopische Reisezeit $\hat{t}_{ij}$ mit zunehmender Standardabweichung σ_{ij} abnehmen. Dem liegt zugrunde, dass der Einfluss der makroskopisch ermittelten Reisezeit $\hat{t}_{ij}$ mit zunehmender Streuung der gemessenen Geschwindigkeiten v_i^1, v_j^m abnehmen soll. Umgekehrt nimmt das Gewicht g zu, wenn sich die Verkehrsverhältnisse auf der Strecke s_{ij} beruhigen, was sich durch einen geringen Wert für die Standardabweichung σ_{ij} ausdrückt.

45

[0046] Die streckenbezogene Standardabweichung σ_{ij} kann beispielsweise durch folgende Formel ermittelt werden:

50
$$\sigma_{ij} = \sqrt{\frac{1}{q_i + q_j - 1} \cdot [(q_i - 1)\sigma_i^2 + q_i(\bar{v}_i - \bar{v})^2 + (q_j - 1)\sigma_j^2 + q_j(\bar{v}_j - \bar{v})^2]}$$

55 **[0047]** Hierin bedeuten q_i die Anzahl L an Fahrzeugen F_{id} pro Dauer des Zeitintervalls, währenddessen die Geschwin-

digkeiten v_i^l gemessen wurden; entsprechend stellt q_j die Verkehrsstärke an der Streckenausfahrt j dar. Die mittlere Geschwindigkeit $\bar{v}_i$ und $\bar{v}_j$ an der Streckeneinfahrt i bzw. -ausfahrt j werden berechnet gemäß:

$$\bar{v}_i = \frac{1}{L} \cdot \sum_{l=1}^L v_i^l$$

$$\bar{v}_j = \frac{1}{M} \cdot \sum_{m=1}^M v_j^m$$

[0048] Die Standardabweichungen σ_i und σ_j an der Streckeneinfahrt i bzw. -ausfahrt j ergeben sich gemäß:

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{1}{L-1} \cdot \sum_{l=1}^L (v_i^l - \bar{v}_i)^2}$$

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{1}{M-1} \cdot \sum_{m=1}^M (v_j^m - \bar{v}_j)^2}$$

[0049] Bei geringer Distanz d_{ij} zwischen Einfahrt i und Ausfahrt j der Strecke s_{ij} und/oder bei geringer Reisezeit t_{ij} kann mit hinreichender Genauigkeit dasselbe Zeitintervall für die Ermittlung der makroskopischen Reisezeit $\hat{t}_{ij}$ genommen werden.

[0050] Bei großem räumlichem oder zeitlichem Abstand sollte die makroskopische Reisezeit $\hat{t}_{ij}$ auf der Strecke s_{ij} berücksichtigt werden. Die Reisezeit t_{ij} für die Strecke s_{ij} kann für verschiedene Fahrzeugklassen, beispielsweise für Personenkraftwagen und Lastkraftwagen, getrennt voneinander ermittelt werden, indem jeweils nur Zeit- bzw. Geschwindigkeitsdaten der entsprechenden Fahrzeugklassen berücksichtigt werden. Damit kann einem einer bestimmten Fahrzeugklasse angehörenden Fahrzeug später genau die für diese Fahrzeugklasse geltende Reisezeit mitgeteilt werden.

[0051] Bei bekannter Länge d_{ij} der Strecke s_{ij} ergeben sich aus den individuellen Reisezeiten $t_{i,j}^n$ bzw. der mikroskopischen Reisezeit $\tilde{t}_{ij}$ unmittelbar individuelle mittlere Geschwindigkeiten bzw. eine mikroskopische mittlere Geschwindigkeit für die Strecke s_{ij} . Auch diese Verkehrsgrößen lassen sich mit entsprechenden makroskopisch ermittelten Geschwindigkeiten fusionieren, um zu einer mittleren Geschwindigkeit für die Strecke s_{ij} zu gelangen.

[0052] Als weitere streckenbezogene Verkehrsgröße können erfindungsgemäß Quelle-Ziel-Beziehungen ermittelt werden. Hierunter wird die Anzahl an Fahrzeugen verstanden, die während eines Zeitintervalls von der Einfahrt i bis zur Ausfahrt j der Strecke s_{ij} fahren. In dem Streckennetz S aus FIG 1 sind dabei Strecken s_{kl} von Interesse, deren Einfahrt k und Ausfahrt l auf dem Rand des Straßennetzes S liegen. Die Quelle-Ziel-Beziehung $\tilde{m}_{kl}$ gibt dann an, wie viele individuelle Fahrzeuge F_{id} während des Zeitintervalls durch die Einfahrt k in das Straßennetz S eingefahren und durch die Ausfahrt l daraus ausgefahren sind.

[0053] Summiert man diese mikroskopische Quelle-Ziel-Beziehungen $\tilde{m}_{kl}$ über sämtliche Straßennetzeinfahrten k oder über sämtliche Straßennetausfahrten l, so erhält man jeweils die Gesamtzahl an Fahrzeugen, die innerhalb des Zeitintervalls durch die Einfahrt k in das Straßennetz S eingefahren bzw. durch die Ausfahrt l daraus ausgefahren sind.

[0054] Die innerhalb eines Zeitintervalls durch eine Einfahrt k bzw. Ausfahrt l des Straßennetzes S fahrenden Fahrzeuge sind auch makroskopisch als Zählwerte von an den Ein- bzw. Ausfahrten i bzw. j angeordneten Detektionseinheiten D_k bzw. D_l ermittelbar. Diese mikroskopisch und makroskopisch ermittelten Daten lassen sich ebenfalls fusionieren, um die Quelle-Ziel-Beziehungen m_{kl} für das betrachtete Straßennetz S im vorgegebenen Zeitintervall zu ermitteln. Diese

werden durch Rückrechnung aus den makroskopischen Fahrzeugsummen errechnet, wobei die mikroskopisch ermittelten Quelle-Ziel-Beziehungen $\tilde{m}_{kl}$ als Gewichte in den Summen verwendet werden. Ein solches Verfahren zur Rückrechnung stellt das Matrix-Ausgleichsverfahren nach Furness dar. Als Ergebnis erhält man die Quelle-Ziel-Matrix des Straßennetzes S, deren Einträge die Quelle-Ziel-Beziehungen m_{kl} sämtlicher Ein- und Ausfahrten k bzw. l des Straßennetzes S bilden.

[0055] Die erfindungsgemäß ermittelten streckenbezogenen oder straßennetzbezogenen Verkehrsgrößen können beispielsweise bei der Steuerung von Streckenbeeinflussungs- und Wechselwegweisungsanlagen verwendet werden, um den aktuellen Verkehrszustand, Störungen im Verkehrsablauf und das Beeinflussungspotential oder den Befolungsgrad von Beeinflussungsmaßnahmen zu ermitteln. Bei der Information von Verkehrsteilnehmern finden die ermittelten Verkehrsgrößen ebenfalls Verwendung, etwa zur individuellen Routenplanung und Navigation. Fahrtenmatrizen, d.h. Quelle-Ziel-Matrizen eines Straßennetzes, sind hingegen für die Verkehrsplanung anwendbar.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Ermitteln einer auf eine Strecke (s_{ij}) eines Straßennetzes (S) bezogenen Verkehrsgröße, insbesondere einer Reisezeit oder einer Quelle-Ziel-Beziehung, wobei für ein individuelles Fahrzeug (F_{id}) die Zeitpunkte (t_i) erfasst werden, zu welchen das Fahrzeug (F_{id}) eine Einfahrt (i) in die Strecke (s_{ij}) und dann eine Ausfahrt (j) aus der Strecke (s_{ij}) passiert, und wobei wenigstens aus den erfassten Zeitpunkten (t_i) ein individueller Wert der Verkehrsgröße bestimmt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** die dem Fahrzeug (F_{id}) zugeordneten Zeitpunkte (t_i) anonymisiert erfasst werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei vom Fahrzeug (F_{id}) beim Passieren von Ein- und Ausfahrt (i, j) an streckenseitige Erfassungseinheiten (E_i) ein Kenndatensatz (K) übertragen wird, der ein das Fahrzeug (F_{id}) identifizierendes aber anonymes Identitätsdatum (f_{id}) aufweist.
3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei das Identitätsdatum (f_{id}) durch eine erzeugte Zufallszahl gebildet wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei die Zufallszahl jeweils bei Fahrtbeginn des Fahrzeugs (F_{id}) neu erzeugt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, wobei der Kenndatensatz (K) wenigstens ein Klassendatum (f_{cl}) aufweist, welches eine Fahrzeugklasse repräsentiert, der das Fahrzeug (F_{id}) zugeordnet ist.
6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei Klassendaten (f_{cl}) für die Fahrzeugklassen Personenkraftwagen, Lastkraftwagen, Busse, Gefahrguttransporter, Sondereinsatzfahrzeuge und Fahrzeuge eines bestimmten Herstellers vorgesehen sind.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 6, wobei in einer Erfassungseinheit (E_i) ein übertragener Kenndatensatz (K) um die dem passierenden Fahrzeug (F_{id}) zugeordneten Zeit- (t_i) und Ortsdaten (p_i) der Fahrzeugpassagen ergänzt und als Erfassungsdatensatz (E) an eine Auswertungszentrale (Z) übertragen wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei aus übertragenen Erfassungsdatensätzen (E) mit jeweils übereinstimmenden Identitätsdaten (f_{id}) der individuelle Wert der Verkehrsgröße berechnet wird.
9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei die individuelle Reisezeit für die Strecke (s_{ij}) durch Differenzbildung der Zeitdaten (t_i) berechnet wird.
10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei aus den individuellen Reisezeiten eines vorgegebenen Zeitintervalls durch Mittelung eine mikroskopische Reisezeit berechnet wird.
11. Verfahren nach Anspruch 10,

wobei die zu ermittelnde Reisezeit durch gewichtete Addition der mikroskopischen Reisezeit und einer makroskopischen Reisezeit für die Strecke (s_{ij}) berechnet wird, wobei die makroskopische Reisezeit aus während eines Zeitintervalls gemessenen Geschwindigkeiten (v) einer Vielzahl an beliebigen Fahrzeugen (F) berechnet wird, mit der diese wenigstens eine längs der Strecke (s_{ij}) angeordnete Detektionseinheit (D_i) passieren.

- 5
12. Verfahren nach Anspruch 11,
wobei für die Berechnung der makroskopischen Reisezeit und der mikroskopischen Reisezeit dasselbe Zeitintervall zugrunde gelegt wird.
- 10
13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12,
wobei die makroskopische Reisezeit durch Division der Länge der Strecke (s_{ij}) durch eine mittlere Geschwindigkeit auf der Strecke (s_{ij}) berechnet wird.
- 15
14. Verfahren nach Anspruch 13,
wobei die mittlere Geschwindigkeit durch Mittelung der während des Zeitintervalls an Detektionseinheiten (D_i) an der Streckenein- und -ausfahrt (i, j) gemessenen Geschwindigkeiten (v) berechnet wird.
- 20
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 14,
wobei die Gewichtungsfaktoren zur Berechnung der Reisezeit normiert sind und von der Standardabweichung der gemessenen Geschwindigkeiten (v) abhängen.
- 25
16. Verfahren nach Anspruch 15,
wobei der Gewichtungsfaktor für die makroskopische Reisezeit mit wachsender Standardabweichung abnimmt.
- 30
17. Verfahren nach Anspruch 8,
wobei die individuelle Quelle-Ziel-Beziehung für die Strecke (s_{ij}) durch Aufsummieren der Fahrzeuge (F_{id}) berechnet wird, die während eines Messintervalls die Strecke (s_{ij}) von ihrer Einfahrt (i) bis zu ihrer Ausfahrt (j) durchfahren.
- 35
18. Verfahren nach Anspruch 17,
wobei aus den Quelle-Ziel-Beziehungen für Strecken (s_{kl}), durch deren Einfahrten (k) Fahrzeuge (F_{id}) in das Straßennetz (S) einfahren und durch deren Ausfahrten (l) aus dem Straßennetz (S) wieder ausfahren, eine mikroskopische Quelle-Ziel-Matrix für das Straßennetz (S) gebildet wird.
- 40
19. Verfahren nach Anspruch 18,
wobei die zu ermittelnde Quelle-Ziel-Matrix aus der mikroskopischen Quelle-Ziel-Matrix und aus der Anzahl an sämtlichen Fahrzeugen (F), die während des Messintervalls Detektionseinheiten an Straßennetzeinfahrten (k) und -ausfahrten (l) passieren, berechnet wird.
- 45
20. Verfahren nach Anspruch 19,
wobei die Fahrzeuganzahlen an den Einfahrten (k) bzw. Ausfahrten (l) des Straßennetzes (S) den Zeilensummen bzw. Spaltensummen der zu ermittelnden Quelle-Ziel-Matrix entsprechen, und wobei die Einträge der mikroskopischen Quelle-Ziel-Matrix als Gewichte für die Zeilen- und Spaltensummen verwendet werden.
- 50
21. Vorrichtung zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 20.

FIG 1

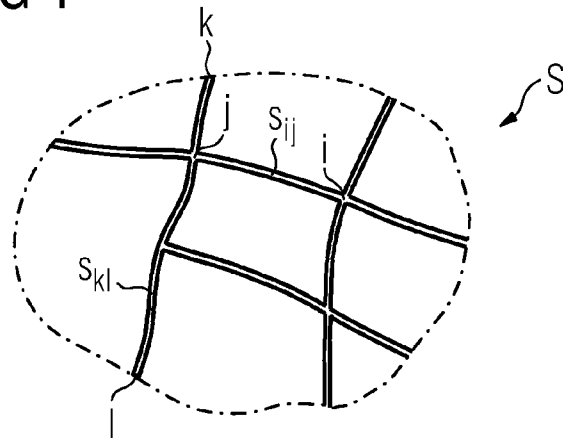
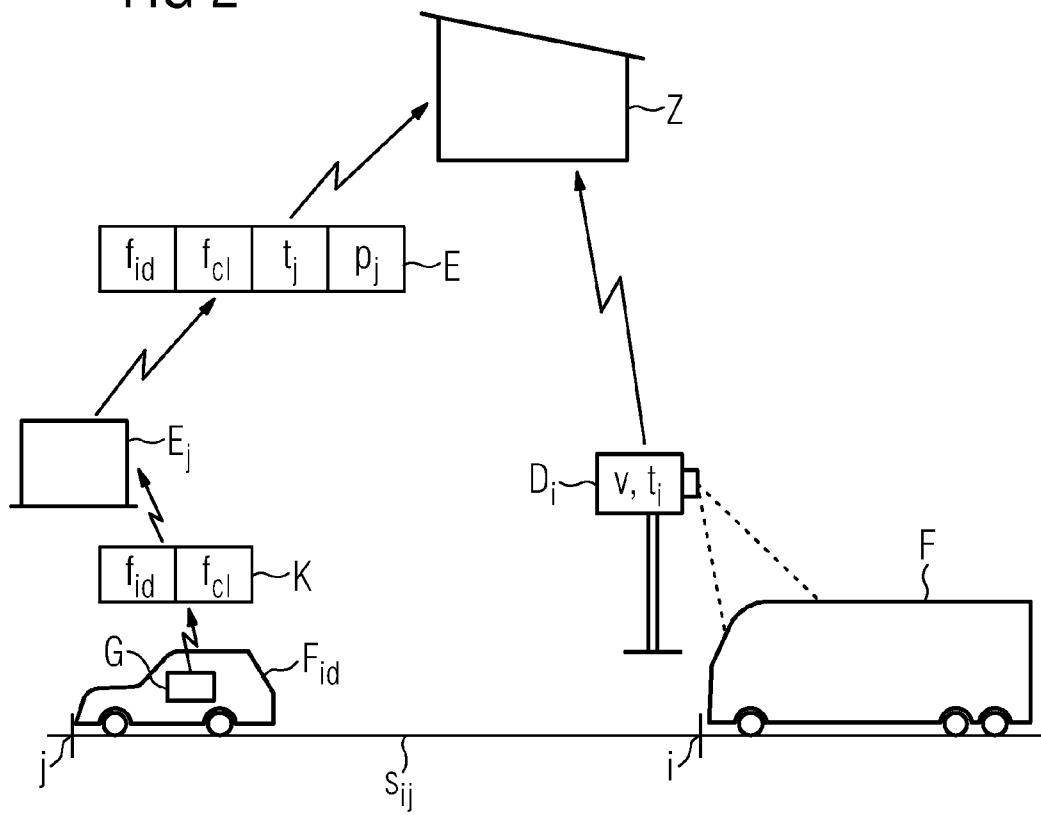


FIG 2



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 102004002808 A1 [0005]