



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) EP 0 908 861 A2

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
14.04.1999 Patentblatt 1999/15

(51) Int. Cl.⁶: G08G 1/01

(21) Anmeldenummer: 98117135.8

(22) Anmeldetag: 10.09.1998

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: 16.09.1997 DE 19740693

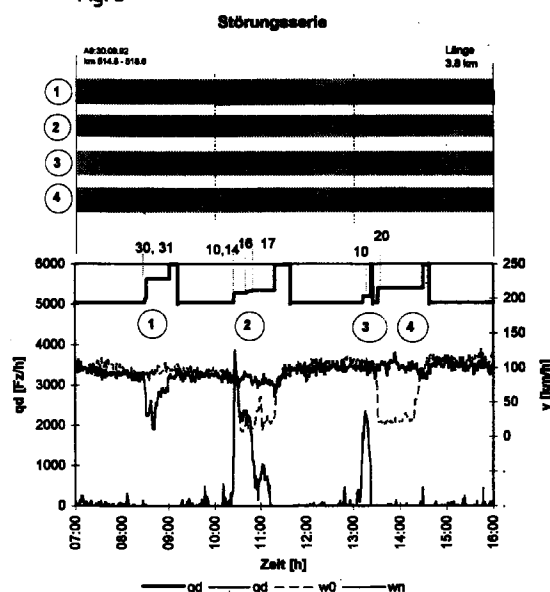
(71) Anmelder:
SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
80333 München (DE)

(72) Erfinder:
• Cremer, Michael Dr.
• (DE)
• Henninger, Tobias
21521 Dassendorf (DE)
• Ghio, Andrea
81377 München (DE)
• Busch, Fritz Dr.
86415 Mering (DE)

(54) **Verfahren zur Ermittlung von Verkehrsinformationen**

(57) Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine flächendeckende Verkehrsdatenerfassung, durch welche mit Einfachsensorik und geringem Datenübertragungs- sowie Energieaufwand zuverlässige und hinreichend aussagekräftige Datengrundlagen für unterschiedliche Verkehrsinformationsdienste bereitgestellt werden, derart verbessert bereitzustellen, so daß die erfassten und gesendeten Daten so umfassend und aussagekräftig sowie vom Ergebnis her so eindeutig und sicher wie möglich analysiert und verarbeitet werden. Zur technischen Lösung dieser Aufgabe wird mit der Erfindung vorgeschlagen ein Verfahren zur Ermittlung von auf Straßenstrecken, insbesondere Autobahnen, bezogene Verkehrsinformationen, wobei mittels ortsfester Detektoren lokale Erfassungsquerschnitte gebildet, verkehrsbezogene Meßwerte erfaßt, mittels lokaler Rechner vorverarbeitet und auf ein vorgegebenes Datenprotokoll normiert, aggregiert und per drahtloser Übermittlung an eine übergeordnete Datenverarbeitungsanlage übertragen werden, wobei die übertragenen Daten in wenigstens einem Berechnungsverfahren zur Ermittlung von Verkehrsinformationen bearbeitet werden, dessen Eingangsdaten wenigstens Fahrzeuggeschwindigkeit v und Verkehrsstärke q sind und das als Ausgangsdaten wenigstens Reisegeschwindigkeit und Verkehrsdichte k an einem Erfassungsquerschnitt hervorbringen kann, wobei die Daten anschließend in wenigstens einem komplexen erweiterten Bearbeitungsverfahren, insbesondere einem Kalman-Filterschätzverfahren, zur Ermittlung von auf Strecken bezogenen Verkehrsinformationen weiterverarbeitet werden.

Fig. 3



EP 0 908 861 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ermittlung von auf Straßenstrecken, insbesondere Autobahnen, bezogene Verkehrsinformationen, wobei mittels ortsfester Detektoren lokale Erfassungsquerschnitte gebildet, verkehrsbezogene Meßwerte erfaßt, mittels lokaler Rechner vorverarbeitet und auf ein vorgegebenes Datenprotokoll normiert, aggregiert und per Funk an eine übergeordnete Datenverarbeitungsanlage übertragen werden, wobei die übertragenen Daten in wenigstens einem Berechnungsverfahren zur Ermittlung von Verkehrsinformationen bearbeitet werden, dessen Eingangsdaten wenigstens Fahrzeuggeschwindigkeit v und Verkehrsstärke q sind und das als Ausgangsdaten wenigstens Reisegeschwindigkeit und Verkehrsdichte k an einem Erfassungsquerschnitt hervorbringen kann.

[0002] Im Stand der Technik ist es bekannt, an einzelnen Meßstellen Verkehrsflußinformationen zu erfassen, um daraus direkte Störinformationen abzuleiten oder Verkehrsentwicklungsprognosen für benachbarte Streckenabschnitte zu entwickeln. Es sind jeweils nur Einzellösungen bekannt.

[0003] Beispielsweise ist in der EP 0 256 483 A1 ein Verkehrsleit- und Informationssystem offenbart, welches unter Verwendung ortsfester Leitbaken und in Fahrzeugen angeordneten Sende- bzw. Empfangseinheiten Verkehrsflußinformationen ermittelt. Aus diesen Verkehrsflußinformationen werden insbesondere Störinformationen ermittelt, um Leitsignale zu schalten.

[0004] Aus der DE-P 44 08 547 ist ein Verfahren zur Verkehrserfassung und Verkehrssituationserkennung auf Autostraßen, vorzugsweise Autobahnen, bekannt. Zur Bildung von sogenannten Meßquerschnitten werden spurbezogene Meßstellen eingerichtet, die mit Verkehrssensoren, beispielsweise Induktionsschleifen, zur Kfz.-Detektion und mit einer Verkehrsdaten-Verarbeitungs-Einrichtung versehen sind. Es werden regelmäßig Verkehrsdaten wie Kfz.-Geschwindigkeit, Verkehrsstärke und Verkehrsdichte ermittelt und daraus bestimmte Verkehrskenngrößen in einer Verkehrsdatenaufbereitung gebildet. Dabei bilden jeweils zwei benachbarte Meßstellen einen Meßabschnitt mit einer bestimmten Streckenlänge. Aus den Verkehrsdaten zweier solcher Meßstellen werden Verkehrskenngrößen gebildet. Diese sind eine Geschwindigkeitsdichte-Differenz, berechnet aus lokalen Verkehrsdaten mittlerer Geschwindigkeit und der Verkehrsdichte, ein Trendfaktor, ermittelt über einen bestimmten Zeitraum aus dem Verhältnis der Verkehrsstärken beider Meßstellen sowie ein Verkehrsstärketrend. Aus diesen Daten wird mittels einer Fuzzylogik die Wahrscheinlichkeit für eine kritische Verkehrssituation abgeleitet. Bei Erreichen eines Wahrscheinlichkeitsschwellwertes kann dann ein Steuersignal für ein Wechselverkehrszeichen erzeugt werden.

[0005] Im Stand der Technik sind auch Detektoren bekannt, die das Vorhandensein und die Geschwindigkeit

eines bewegten Objektes erfassen können. Beispielsweise arbeiten derartige Detektoren nach einem Passiv-Infrarot-Verfahren, welches ggf. auch mit anderen Verfahren kombiniert werden kann. Im Stand der Technik ist bisher kein Verfahren bekannt, flächendeckend Verkehrsinformationen zu erfassen und auszuwerten. Insbesondere sind keine Verfahren bekannt, die die Verkehrsinformationsermittlung streckenabschnittsbezogen variabel, ggf. ereignisorientiert und mit geringem Datenübertragungsaufwand ermöglichen.

[0006] Ein geringer Datenübertragungsaufwand ist einerseits zur Durchführung eines energiesparenden Verfahrens erforderlich, andererseits um möglichst transparente und leicht pflegbare Datenbestände zu erzeugen.

[0007] Wesentlicher Aspekt der vorliegenden Erfindung ist die optimale Auswertung und Weiterverarbeitung der empfangenen Daten in einer Zentraleinheit, um die unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten erfassten und gesendeten Daten so umfassend und aussagekräftig wie möglich zu verarbeiten, aber auch zu Ergebnissen zu gelangen, deren Aussagegehalt so eindeutig und sicher wie möglich ist. Diesbezüglich sind nur Einzellösungen bekannt.

[0008] Ausgehend von diesem Stand der Technik liegt der vorliegenden Erfindung die **Aufgabe** zugrunde, eine flächendeckende Verkehrsdatenerfassung der gattungsgemäßen Art, durch welche mit Einfachsensorik und geringem Datenübertragungs- sowie Energieaufwand zuverlässige und hinreichend aussagekräftige Datengrundlagen für unterschiedliche Verkehrsinformationsdienste bereitgestellt werden, derart verbessert bereitzustellen, so daß die erfassten und gesendeten Daten so umfassend und aussagekräftig sowie vom Ergebnis her so eindeutig und sicher wie möglich analysiert und verarbeitet werden.

[0009] Zur technischen **Lösung** dieser Aufgabe wird mit der Erfindung vorgeschlagen ein Verfahren zur Ermittlung von auf Straßenstrecken, insbesondere Autobahnen, bezogene Verkehrsinformationen, wobei mittels ortsfester Detektoren lokale Erfassungsquerschnitte gebildet, verkehrsbezogene Meßwerte erfaßt, mittels lokaler Rechner vorverarbeitet und auf ein vorgegebenes Datenprotokoll normiert, aggregiert und per drahtloser Übermittlung an eine übergeordnete Datenverarbeitungsanlage übertragen werden, wobei die übertragenen Daten in wenigstens einem Berechnungsverfahren zur Ermittlung von Verkehrsinformationen bearbeitet werden, dessen Eingangsdaten wenigstens Fahrzeuggeschwindigkeit v und Verkehrsstärke q sind und das als Ausgangsdaten wenigstens Reisegeschwindigkeit und Verkehrsdichte k an einem Erfassungsquerschnitt hervorbringen kann, und wobei die Daten anschließend in wenigstens einem komplexen erweiterten Bearbeitungsverfahren zur Ermittlung von auf Strecken bezogenen Verkehrsinformationen weiterverarbeitet werden.

[0010] Die Erfindung ermöglicht die Realisierung

eines stufenförmig organisierten Verarbeitungssystems, wobei bereits kurzfristig Ergebnisse erzielt werden können, die durch Ausweitung in die einzelnen Stufen konsolidiert und verfeinert werden. Durch die Auflösung in einzelne Teilaufgaben bzw. Stufen ergibt sich ein hohes Maß an Flexibilität und an Ausfallsicherheit durch die Bildung von Rückfallebenen. Durch die lokale Voranalyse des Verkehrs ergeben sich Möglichkeiten zur äußerst energiesparenden, ereignisorientierten Datenübertragung zu den übergeordneten Datenverarbeitungsanlagen bzw. -zentralen.

[0011] Vorzugsweise werden ortsfeste Detektoren an Anschlußstellen, Knotenpunkten und dergleichen positioniert. Darüber hinaus wird die Anordnungsdichte der ortsfesten Detektoren in Abhängigkeit von Verkehrserwartungsschätzungen bestimmt. Somit lassen sich durch die Anordnung vieler lokaler Erfassungssysteme flächendeckende Netze aufbauen. Mit der Erfindung ist es auch möglich, einen Gesamtnetzaufbau zu organisieren. An verkehrstechnisch kritischen Positionen werden lokale Detektoren und Vorverarbeitungsrechner angeordnet, die über Funk in vorzugsweise digitaler Technologie die Daten an übergeordnete Datenverarbeitungsanlagen bzw. -zentralen weiterleiten. Dort können dann weitere Verkehrsmodelle auf die Daten angewandt werden.

[0012] Aus der lokalen Auswertung ergibt sich die Möglichkeit der lokalen Zustandserkennung. Durch die Verknüpfung der Daten benachbarter lokaler Erfassungsquerschnitte kann ein sogenannter streckenbezogener Level of Service in einer übergeordneten Datenverarbeitungsanlage oder einer dem Gesamtnetz zugeordneten Zentrale ermittelt werden.

[0013] Die Verknüpfung dieser Daten, ggf. in Kombination mit den Daten der lokalen Erfassungsquerschnitte ermöglicht die Errechnung einer erweiterten Situationserkennung. Hier können dynamische Zustandsschätzungen erfolgen, um eine verbesserte Zustandsschätzung in kritischen Streckenabschnitten durch Zuschaltung eines angepaßten Systems zur erweiterten Situationserkennung zu erlangen. Die Ergebnisse sind detaillierte streckenbezogene Daten und feiner untergliederte Situationsklassifizierungen. Darüber hinaus lassen sich Angaben einer etwaigen Sicherheit der jeweiligen Schätzung erzielen. Eine Korrektur hinsichtlich stark verrauschter Daten wegen schlechter Datenübertragung, bei größeren Zeitintervallen oder nur sporadischen Daten ist mit der Erfindung vorgesehen.

[0014] Mit besonderem Vorteil wird vorgeschlagen, daß zur lokalen Vorverarbeitung der Daten deren Plausibilität anhand von Modellvergleichen überprüft wird, Mittelwertberechnungen durchgeführt, aus der Veränderung der Maßwerte Trendfaktoren ermittelt, und daß aus den ermittelten Daten taktweise Zustandscodes ermittelt werden. Als Meßwerte werden zumindest Fahrzeuggeschwindigkeit, Verkehrsstärke und querschnittsbezogene Belegung erfaßt.

[0015] Nachdem von einem Detektor, beispielsweise einem Passiv-Infrarot-Detektor, Meßdaten geliefert werden, werden diese vorverarbeitet, beispielsweise indem Mittelwertberechnungen, Plausibilitätskontrollen und Trendfaktorermittlungen durchgeführt werden. Aus den Veränderungen der Daten oder den Daten selbst werden dann Zustandscodes ermittelt, beispielsweise in der Form eines Zahlenwertes für Zustände wie freier Verkehrsfluß, staugefahr, Stop and Go, Stau oder Stillstand u.s.w. Auswertungszyklen können beispielsweise alle 1 bis 5 Minuten gewählt werden. Der Auswertungszyklus kann jedoch variabel festgelegt werden, beispielsweise in Abhängigkeit von den Zustandscodes oder den Verkehrszuständen. Das gleiche gilt für die Datenübertragungsrate, die beispielsweise in Abhängigkeit von dem ermittelten Zustandscode angewandt wird, beispielsweise bei freiem Verkehrsfluß alle 30 Minuten eine Übertragung bei Mittelwertbildung alle 5 Minuten. Je nach Stöorzustand kann die Übertragungsdichte erhöht werden. Dabei werden die Datenübertragungsraten benachbarter Erfassungsquerschnitte aufeinander abgeglichen.

[0016] Die Meßwerte können fahrspurenbezogen erfaßt werden, was aber nicht zwingend erforderlich ist, es können auch andere Erfassungsquerschnitte definiert werden. Auch ist es grundsätzlich möglich, Fahrzeugtypunterscheidungswerte, also beispielsweise Lkw, Pkw und dergleichen zu erfassen.

[0017] Darüber hinaus wird weiterhin vorgeschlagen, daß Quelle-Ziel-Beziehungen durch die Analyse der Daten aller Erfassungsquerschnitte eines Netzes ermittelt, daß die Daten zur Routensuche, zur Ausgabe von Verkehrsleitungsinformationen ausgewertet, zur Präzisierung statistischen Analysen unterzogen und daß die Daten zur Abgabe von Verkehrsentwicklungsprognosen ausgewertet werden.

[0018] Mit der Erfindung werden Verfahren bereitgestellt, um unterschiedliche Arten und Qualitäten von Verkehrsinformationsdaten zur Verfügung zu stellen. Hauptaufgabe ist es, solche Daten für die Kraftfahrzeugführer aufzubereiten und diesen zweckmäßige Informationen bereitzustellen. Dabei kann es sich beispielsweise um Reisezeitanzeigen, Routenanzeigen, Verkehrsschlußprognosen, Stauanzeigen und dergleichen handeln. In den einzelnen Fahrzeugen werden beispielsweise Informationsdisplays angeordnet, auf welchen die Kraftfahrzeugführer ihre geplanten Routen und die Reisezeitinformationen angezeigt bekommen. Sie können dann beispielsweise unter verschiedenen Alternativen die jeweils schnellste Route wählen. Zusätzlich oder alternativ können Hinweise auf Stauentwicklungen, Wahrscheinlichkeiten in Bezug auf die weitere Entwicklung auf dem bevorstehenden Streckenabschnitt und dergleichen angezeigt werden. Die Anwendungsbreite ist umfangreich.

[0019] Mit der Erfindung wird ein äußerst flexibles Verfahren angegeben, mit welchem unter Verknüpfung unterschiedlichster Verkehrsmodelle ein nahezu netz-

umfassendes, flächendeckendes Verkehrsinformationssystem aufbaubar ist, welches Daten für unterschiedlichste Informationszwecke liefert. Es können herkömmliche und bereits bekannte Modelle und Verfahren eingesetzt und kombiniert werden. Prognosen können ganglinienbasierte Prognosen an Meßstellen, modellgestützte Prognosen für Abschnitte und Maschen und Ergänzungen nicht meßbarer Effekte unter Verwendung künstlicher Intelligenz sein. Für die Berechnung von Mittelwerten werden übliche Formeln eingesetzt.

[0020] Die übertragenen Daten können in zwei Berechnungsverfahren unterschiedlicher Komplexität bearbeitet werden. Dabei ist vorgesehen, daß eines der wenigstens zwei Berechnungsverfahren ein einfaches Interpolationsverfahren geringer Komplexität ist. Die Eingangsdaten des Berechnungsverfahrens geringer Komplexität sind Fahrzeuggeschwindigkeit v und Verkehrsstärke q , Ausgangsdaten sind eine Reisegeschwindigkeit und Verkehrsdichte k . Weiterhin ist vorgesehen, daß das Berechnungsverfahren geringer Komplexität zusätzlich eine Staustörmeldung ausgibt. Ein wie beschriebenes Verfahren benötigt nur ein Minimum an Eingangsdaten und kann sehr schnell sehr verlässliche Aussagen über den Verkehrszustand im Bereich eines Meßquerschnittes treffen. Bei der Interpolation wird vereinfachend davon ausgegangen, daß sich alle Fahrzeuge gleich verhalten.

[0021] Ein anderes Berechnungsverfahren kann ein auf der Datenanalyse auf der Basis eines Fundamentaldiagramms basierendes Verfahren hoher Komplexität sein. Ein Fundamentaldiagramm ist eine an sich bekannte, auf einen Meßquerschnitt bezogene Kurve. Die Darstellung ist die Kurve der Verkehrsstärke q über der Belegung k . Die Kurve entspricht in vereinfachter und stark geglätteter Form im wesentlichen einer unsymmetrischen Gaußverteilung und läßt Aussagen über kritische und unkritische Zustände zu. Eingangsdaten des Berechnungsverfahrens hoher Komplexität sind Fahrzeuggeschwindigkeit v , Verkehrsstärke q und Belegung b , Ausgangsdaten eine Reisezeit bezogen auf Reisegeschwindigkeit und Verkehrsdichte k . Weiterhin kann vorgesehen sein, daß das Berechnungsverfahren hoher Komplexität zusätzlich ein Verkehrssituationsstatussignal, wenigstens differenziert nach Frei/Kritisch/Stau ausgibt. Auch dieses zweite Verfahren benötigt nur ein Minimum an Eingangsdaten und kann sehr schnell sehr verlässliche Aussagen über den Verkehrszustand im Bereich eines Meßquerschnittes treffen.

[0022] Die redundante Anwendung von wenigstens zwei Verfahren erhöht erheblich die Sicherheit und ermöglicht eine Überprüfung der Ergebnisse hinsichtlich ihrer Qualität.

[0023] Die vorliegende Erfindung setzt an dieser Stelle ein und bezieht sich auf die Analyse der Daten in Bezug auf größere Abschnitte des Verkehrsnetzes. Es wird vorgeschlagen, daß die übertragenen Daten in wenigstens einem dritten, hochkomplexen Berech-

nungsverfahren für eine erweiterte Situationserkennung bearbeitet werden. Dabei finden Eingang auch die Ergebnisse der vorhergehenden Berechnungsverfahren. Die hochkomplexen Verfahren der erweiterten Situationserkennung werden erweiterte Bearbeitungsverfahren genannt.

[0024] Das erfindungsgemäße Verfahren sieht vor, daß mittels einem weiteren erweiterten Bearbeitungsverfahren auf der Basis der an einem Erfassungsquerschnitt ermittelten Daten die Verkehrsflußdaten bis zum nächsten Erfassungsquerschnitt unter Verwendung eines Verkehrsmodells geschätzt, mit den am nächsten Erfassungsquerschnitt ermittelten entsprechenden Daten verglichen und aus den Abweichungen Korrekturwerte ermittelt und in einen nächsten Schätzzyklus eingebracht werden. Mit Vorteil wird vorgeschlagen, daß die Strecke zwischen einem und dem nächsten Erfassungsquerschnitt segmentiert wird. Die Segmentzahl und Segmentlänge ist nicht ohne Einfluß und sind parameterabhängig festlegbar. Weiterhin wird vorgeschlagen, daß die Korrekturwerte als Parameter in das der Schätzung zugrundeliegende Verkehrsmodell eingebracht werden. Zudem ist ein Vorteil der Erfindung, daß die erfassten, ermittelten und geschätzten Werte um die simulierten Werte einer fiktiven Störstelle ergänzt werden. Es ist sinnvoll, daß als fiktive Störstelle eine Verkehrszuflußstelle und/oder eine Verkehrsabflußstelle simuliert wird. Das Verfahren erhält also von vornherein Fehler, die iterativ auf Null gerechnet werden müssen, es sei denn, es liegt tatsächlich eine Störung vor. Mit besonderem Vorteil wird vorgeschlagen, daß das für das erweiterte Bearbeitungsverfahren ein Filterschätzverfahren eingesetzt und weiterhin für das Filterschätzverfahren ein Kalmanlogarithmus verwendet wird. Besonders brauchbar sind die Ergebnisse, wenn das Verkehrsmodell bei Abschnitten mit Anschlußstellen zur Nutzung von Standardganglinien erweitert wird.

[0025] Mit besonderem Vorteil schlägt die Erfindung vor, daß bei einem weiteren erweiterten Bearbeitungsverfahren Fuzzylogik eingesetzt wird, um aus den vorverarbeiteten Daten ein Interpretationssymbol des aktuellen Verkehrsablaufes und eine zugehörige Wahrscheinlichkeit zu ermitteln. Zusätzlich wird mit Vorteil vorgeschlagen, daß die Interpretationssymbole und Wahrscheinlichkeiten mittels einer Sperrmatrix verknüpft werden. Diese erfindungsgemäße Datenanalyse nach der Multi-Modell-Logik hat also ganz besonders brauchbare Ergebnisse, die neben Indikatoren für eine bestimmte Verkehrssituation in Bezug auf einen bestimmten Streckenabschnitt auch eine zugehörige Wahrscheinlichkeit enthalten, so daß also die Zuverlässigkeit der momentanen Situationserkennung als Ergebnis mitgeliefert wird. Damit ergeben sich sehr brauchbare Schalteempfehlungen aus der Situationsinterpretation, die auf verschiedene lokale und streckenbezogene Einzelverfahren aufgesetzt ist.

[0026] Mit der Erfindung wird darüber hinaus vorgeschlagen, daß bei einem zusätzlichen weiteren erwei-

terten Bearbeitungsverfahren Fuzzylogik eingesetzt wird. Diese kann gezielt zur Störstellenidentifikation eingesetzt sein. Dabei ist von Vorteil, daß das weitere erweiterte Bearbeitungsverfahren, welches unter Verwendung von Fuzzylogik aus den vorverarbeiteten Daten Störungen ermittelt, dem erweiterten Bearbeitungsverfahren mit Verwendung der Filterschätztechnik vom Datenfluß her betrachtet vorgeschaltet wird.

[0027] Zudem ist vorteilhaft und wichtig, daß das erweiterte Bearbeitungsverfahren, welches unter Verwendung von Fuzzylogik aus den vorverarbeiteten Daten Interpretationssymbole und Wahrscheinlichkeiten ermittelt, dem weiteren erweiterten Bearbeitungsverfahren mit Verwendung der Filterschätztechnik vom Datenfluß her betrachtet nachgeschaltet wird.

[0028] Die Erfindung schlägt vor, daß Neuro-Fuzzy-Logik eingesetzt wird.

[0029] Weitere Vorteile und Merkmale der Erfindung ergeben sich aus der folgenden Beschreibung einiger Beispiele.

Figur 1 ein Diagramm einer Verkehrssituationsdarstellung aufgrund einer externen Störungsursache;

Figur 2 ein Diagramm einer Verkehrssituationsdarstellung aufgrund einer internen Störungsursache und

Figur 3 eine diagrammartige Darstellung einer Analyse einer Störungsserie.

[0030] Die dargestellten Diagramme zeigen einerseits im unteren Bereich den kurvenartigen Verlauf von q_d über die Zeit, darüber die Darstellung der Geschwindigkeit über die Zeit und im oberen Bereich die Darstellung der ermittelten Situationszustände. Die beispielhafte Filterlogik bringt eine auf den Testergebnissen der Filterreaktion basierende konstruierte Situationsanalyse hervor. Dementsprechend führen im Dauerbetrieb des erfindungsgemäßen Verfahrens bestimmte reale Standardsituationen im Verkehrsablauf zu typischen Sequenzen in den Zustandsfolgen.

[0031] Gemäß Figur 1 ist eine externe Störungsursache dargestellt, ein sogenannter einwandernder Stau. Störungen mit externen stromabwärtigen Ursachen kündigen sich zuerst in der Geschwindigkeit ab Abschnittsausgang an. Die im Vorfeld einer Störung angezeigten lokalen Tempolimits können das anliegende Geschwindigkeitsmuster verändern. Ist im Bereich des Abschnittsausgangs in Erwartung einer wandelnden Störung eine Geschwindigkeitsbegrenzung geschaltet, ergibt sich im Meßquerschnitt ein Abfall des Geschwindigkeitsniveaus. Dies ist in Figur 1 dargestellt. Das erfindungsgemäße Verfahren reagiert auf einen Abfall des Geschwindigkeitsniveaus mit dem Übergang in den Überwachungszustand Nr. 7 „kritische Geschwindigkeit“. Sie verweilt und erreicht nach etwa

15 Minuten die Alarmschwelle, obwohl die Störung noch nicht in den Meßabschnitt eingetreten ist. Dadurch wird mit Zustand Nr. 13 „einwandernde dichte Welle“ das entsprechende Störmodell deaktiviert. Erst nachdem die Geschwindigkeit am Abschnittsausgang einen Zusammenbruch signalisiert, wird der Zustand Nr. 31 „einwandernder Stau“ geschaltet. Diese Störungsphase währt etwa 1,5 Stunden, unterbrochen durch zwei Zwischenerholungen. Dabei bleibt das Stauende stets innerhalb des Meßabschnitts.

[0032] Bei der ersten kleineren Erholung wird in den Zustand Nr. 49 gewechselt. Bei der zweiten Erholung wird wieder der Kontrollzustand aufgenommen und kurz darauf wieder auf „einwandernde Störung“ geschaltet.

[0033] Figur 2 zeigt die verfahrensseitige Abwicklung einer internen Störung und zeigt die hohe Sensibilität des Verfahrens auf lokal kaum detektierbare Störungen. Eine Ursache von Engpaßwirkungen kann mit Hilfe der erfindungsgemäßen Verfahren zwar nicht aufgefunden werden, jedoch können Störungsfolgen abgeschätzt werden. Ist die Engpaßwirkung stärker und länger anhaltend, äußert sich dies im Anstieg des hypothetischen Flusses im mittleren Wertebereich. Das erfindungsgemäße Filterverfahren reagiert nach kurzer Zeit durch einen Zustandsübergang von Nr. 10 „Verdichtung“ auf Nr. 14 „Staugefahr“. Dieser Zustand wird gewählt, wenn eine Staubildung aufgrund der zufällig ausgeglichenen Fahrreaktionen zwar nicht zwangsläufig, dennoch wahrscheinlich ist. Im Beispiel bildet sich ein Stau aus, der nach einiger Zeit den Eingangsquerschnitt erreicht, Zustand Nr. 16. Der Zeitvorteil gegenüber der rein lokalen Detektion an diesem Querschnitt beträgt hier etwa 7 Minuten. Da in diesem Zeitraum der Engpaß schon seine Wirkung verloren hat, schaltet die Logik gleich auf Zustand Nr. 17 „Anfahrvorgang“. Wenige Minuten später hat sich der Stau aufgelöst.

[0034] Figur 3 schließlich zeigt die Anpassungsfähigkeit des Filterschätzverfahrens an verschiedenen, im Tagesverlauf auftretenden Störungen. Figur 3 zeigt den Verlauf der Situationsanalyse sowie eine topographische Darstellung der Verkehrssituation für vier verschiedene Störungsauslenkungen in Folge. Die Informationen über Störungen im Inneren eines 3,8-km-langen Meßabschnitts resultiert aus der gesonderten Betrachtung der Geschwindigkeiten zweier zusätzlicher, nicht zur Schätzung verwendeter Querschnitte. Bei der Störung 1 handelt es sich um einen einwandernden Stau. Dieser reicht bis zum ersten Referenzquerschnitt. Ablesbar ist dies an den Zuständen 30 und 31, sowie am Absinken der Geschwindigkeit. In dieser Phase bleibt das Störmodell inaktiv. Etwa um 10.30 Uhr kommt es aus ungeklärter Ursache zum Verkehrszusammenbruch etwa in Abschnittsmitte. Der hypothetische Fluß erreicht nahezu die Schwelle zur Stauprognose. Aufgrund fixer Grenzwerte wird jedoch nur die Prognose „Staugefahr“, Zustand Nr. 14, erreicht.

[0035] Kurz nach 13.00 Uhr analysiert das Verfahren bei Störung 3 eine Verdichtung, die durch Geschwindig-

keitsdaten nicht lokalisierbar ist und binnen 5 Minuten auch nicht bestätigt wird. Dagegen kommt es nach etwa 20 Minuten am Abschnittsanfang zu einem Verkehrszusammenbruch. Liegt die Störstelle im Abschnitt nahe dem Eingang, kann die Engpaßwirkung aufgrund des zeitlich wenig versetzten Abfalls im Datenmuster der Verkehrsstärken nur schwach ausgeprägt sein oder ganz ausbleiben. In diesem Falle reagiert die Situationsanalyse auf einen Alarm mit einem Übergang nach Zustand Nr. 20. Eine Beendigung dieses Zustands erfolgt erst bei gleichmäßigem Verkehrsfluß über Zustandsnummern 49 und 50.

[0036] Da für diese Störungen kein Meßprotokoll vorliegt, muß bei Störung 3 auf eine temporäre Verdichtung und bei Störung 4 auf einen „Stau aus dem Nichts“ wegen hohem Verkehrsaufkommens geschlossen werden.

[0037] Die beschriebenen Beispiele dienen der Erläuterung und sind nicht beschränkend.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Ermittlung von auf Straßenstrecken, insbesondere Autobahnen, bezogene Verkehrsinformationen, wobei mittels ortsfester Detektoren lokale Erfassungsquerschnitte gebildet, verkehrsbezogene Meßwerte erfaßt, mittels lokaler Rechner vorverarbeitet und auf ein vorgegebenes Datenprotokoll normiert, aggregiert und per drahtloser Übermittlung an eine übergeordnete Datenverarbeitungsanlage übertragen werden, wobei die übertragenen Daten in wenigstens einem Berechnungsverfahren zur Ermittlung von Verkehrsinformationen bearbeitet werden, dessen Eingangsdaten wenigstens Fahrzeuggeschwindigkeit v und Verkehrsstärke q sind und das als Ausgangsdaten wenigstens Reisegeschwindigkeit und Verkehrsdichte k an einem Erfassungsquerschnitt hervorbringen kann, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Daten anschließend in wenigstens einem komplexen erweiterten Bearbeitungsverfahren zur Ermittlung von auf Strecken bezogenen Verkehrsinformationen weiterverarbeitet werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß mittels einem der erweiterten Bearbeitungsverfahren auf der Basis der an einem Erfassungsquerschnitt ermittelten Daten die Verkehrsflußdaten bis zum nächsten Erfassungsquerschnitt unter Verwendung eines Verkehrsmodells geschätzt, mit den am nächsten Erfassungsquerschnitt ermittelten entsprechenden Daten verglichen und aus den Abweichungen Korrekturwerte ermittelt und in einen nächsten Schätzzyklus eingebracht werden.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Strecke zwischen einem und dem nächsten Erfassungsquerschnitt segmentiert wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Korrekturwerte als Parameter in das der Schätzung zugrundeliegende Verkehrsmodell eingebracht werden.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die erfassten, ermittelten und geschätzten Werte um die simulierten Werte einer fiktiven Störstelle ergänzt werden.
6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß als fiktive Störstelle eine Verkehrszuflußstelle und/oder eine Verkehrsabflußstelle simuliert wird.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß für das erweiterte Bearbeitungsverfahren ein Filterschätzverfahren eingesetzt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß für das Filterschätzverfahren ein Kalmanalgorithmus verwendet wird.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Verkehrsmodell bei Abschnitten mit Anschlußstellen zur Nutzung von Standardganglinien erweitert wird.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß bei einem weiteren erweiterten Bearbeitungsverfahren Fuzzylogik eingesetzt wird.
11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß das weitere erweiterte Bearbeitungsverfahren, welches unter Verwendung von Fuzzylogik aus den Vorverarbeiteten Daten Störungswahrscheinlichkeiten ermittelt, dem erweiterten Bearbeitungsverfahren mit Verwendung der Filterschätztechnik vom Datenfluß her betrachtet vorgeschaltet wird.
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß bei einem weiteren erweiterten Bearbeitungsverfahren Fuzzylogik eingesetzt wird, um aus den vorverarbeiteten Daten ein Interpretationssymbol des aktuellen Verkehrsablaufes und eine zugehörige Wahrscheinlichkeit zu ermitteln.
13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Interpretationssymbole und Wahrscheinlichkeiten mittels einer Sperrmatrix ver-

knüpft werden.

14. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, daß das weitere erweiterte Bearbeitungsverfahren, welches unter Verwendung von Fuzzylogik aus den Vorverarbeiteten Daten Interpretationssymbole und Wahrscheinlichkeiten ermittelt, dem erweiterten Bearbeitungsverfahren mit Verwendung der Filterschätztechnik vom Datenfluß her betrachtet nachgeschaltet wird. 5
10
15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß Neuro-Fuzzy-Logik eingesetzt wird. 15
16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Meßwerte fahrspurenbezogen erfaßt werden.
17. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß als Meßwerte Fahrzeugtypunterscheidungswerte erfaßt werden. 20
18. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Daten zur Routensuche ausgewertet werden. 25
19. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Daten zur Ausgabe von Verkehrsleitungsinformationen ausgewertet werden. 30
20. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Daten zur Abgabe von Verkehrsentwicklungsprognosen ausgewertet werden. 35
21. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Daten zur Ausgabe von Reisezeitinformationen ausgewertet werden. 40
22. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Daten zur Ausgabe von Stauinformationen ausgewertet werden. 45

50

55

Fig. 1

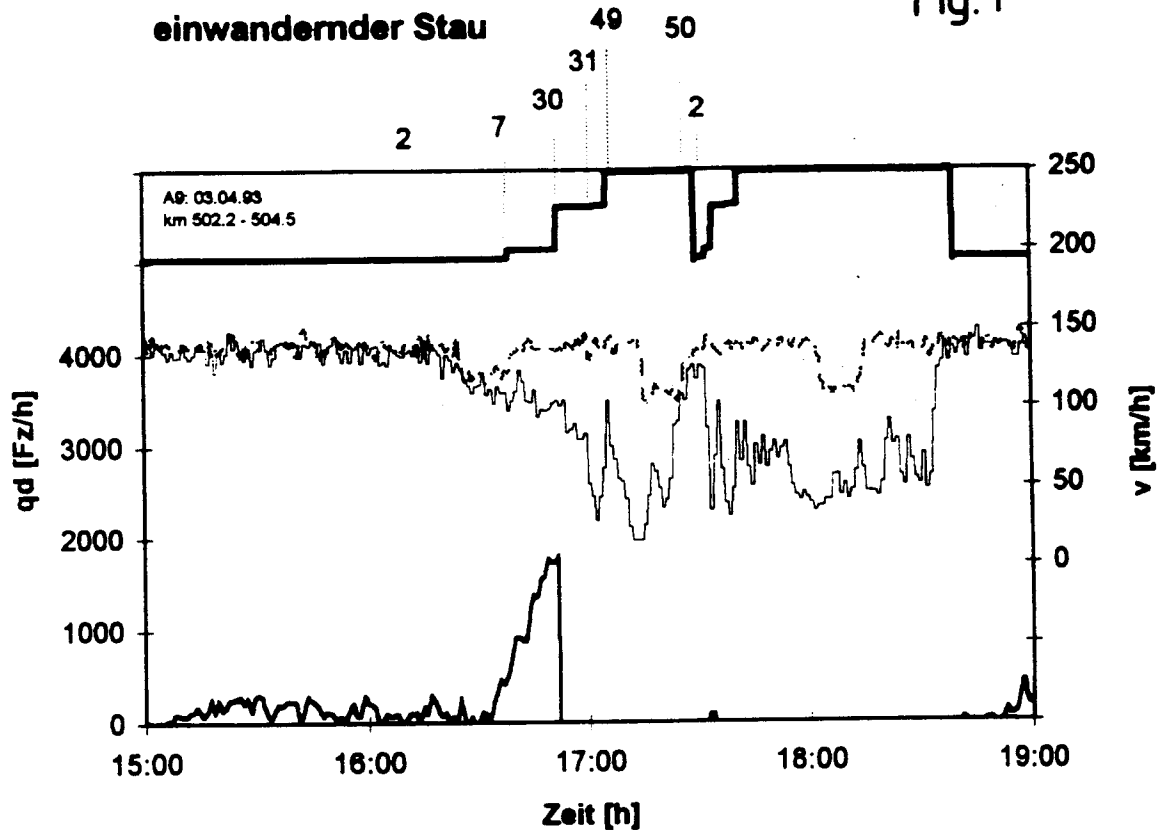


Fig. 2

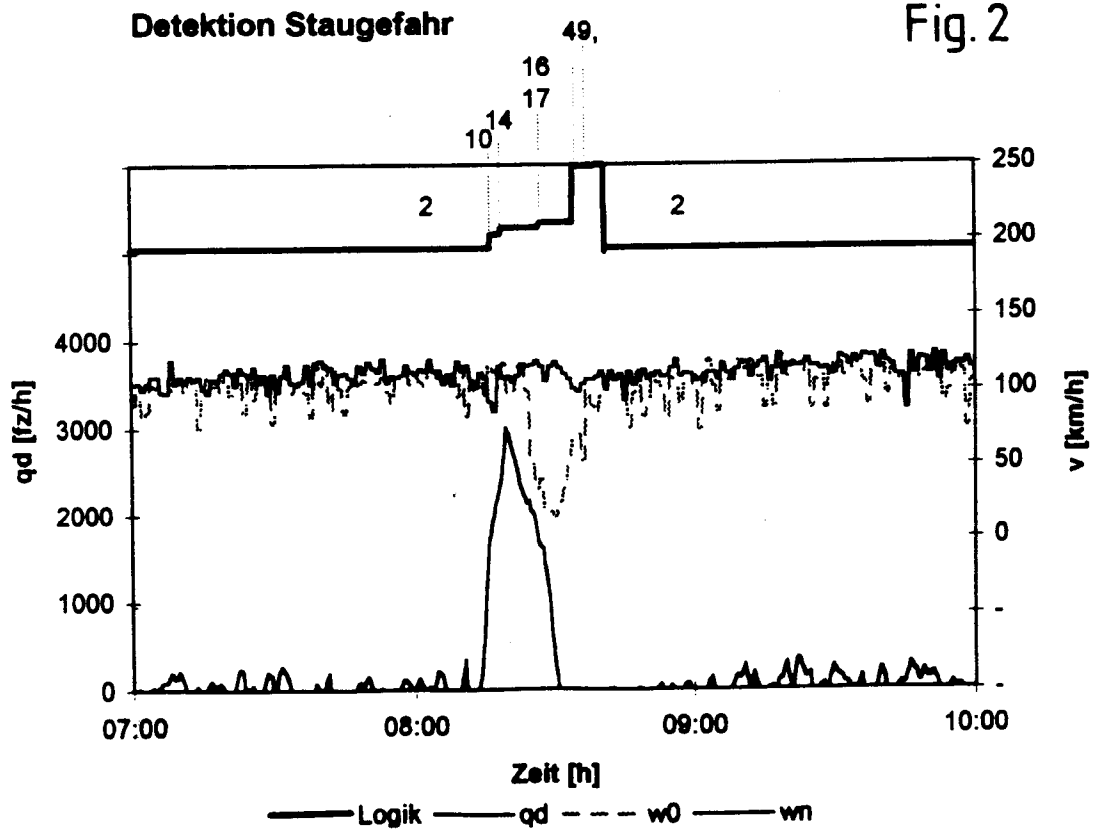


Fig. 3

