



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
17.03.1999 Patentblatt 1999/11

(51) Int. Cl.⁶: G08G 1/01

(21) Anmeldenummer: 98117164.8

(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

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

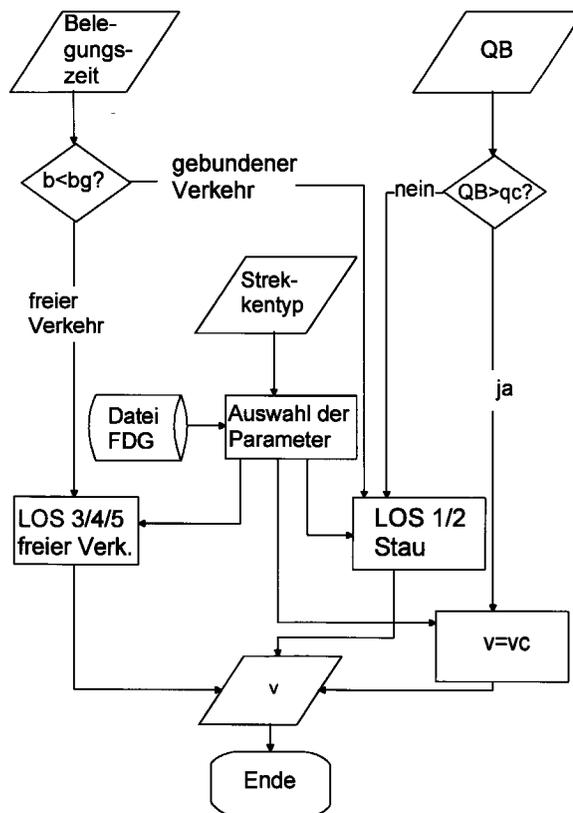
(72) Erfinder:
• Sachse, Thomas
83607 Holzkirchen (DE)
• Busch, Fritz, Dr.
86415 Mering (DE)

(30) Priorität: 11.09.1997 DE 19739918

(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 zwei redundanten, zueinander unterschiedlichen und unabhängigen Berechnungsverfahren zur Ermittlung streckenbezogener Verkehrsinformationen bearbeitet werden.

FIG 7



Beschreibung

5 [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.

[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.

10 [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.

15 [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
20 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.

25 [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
30 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.

35 [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.

40 [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.

45 [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 zwei redundanten, zueinander unterschiedlichen und unabhängigen Berechnungsverfahren zur Ermittlung streckenbezogener
50 Verkehrsinformationen bearbeitet 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
55 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 Verkehrserwartungsschät-

zungen 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 netzumfangsames, 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] Mit Vorteil wird mit der Erfindung vorgeschlagen, daß die übertragenen Daten 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 Kom-

plexität zusätzlich eine Stauformel 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.

5 [0021] Weiterhin wird mit Vorteil vorgeschlagen, daß das andere der wenigstens zwei Berechnungsverfahren ein auf der Datenanalyse auf der Basis eines Fundamentaldiagramms basierendes Verfahren hoher Komplexität ist. 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. Die Erfindung schlägt vor, daß Eingangsdaten des Berechnungsverfahrens hoher Komplexität Fahrzeuggeschwindigkeit v , Verkehrsstärke q und Belegung b sind, Ausgangsdaten eine Reisezeit bezogen auf Reisegeschwindigkeit und Verkehrsdichte k sind. Weiterhin wird vorgeschlagen, 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.

15 [0022] Die redundante Anwendung von wenigstens zwei Verfahren erhöht erheblich die Sicherheit und ermöglicht eine Überprüfung der Ergebnisse hinsichtlich ihrer Qualität.

20 [0023] Zur Analyse der Daten in Bezug auf größere Abschnitte des Verkehrsnetzes wird vorgeschlagen, daß die übertragenen Daten in wenigstens einem dritten, hochkomplexen Berechnungsverfahren für eine erweiterte Situationserkennung bearbeitet werden. Dabei finden Eingang die Ergebnisse der vorhergehenden Berechnungsverfahren. Dabei ist es von Vorteil, daß bei dem hochkomplexen Berechnungsverfahren Fuzzylogik eingesetzt wird.

[0024] Zudem wird vorgeschlagen, daß in die Berechnungsverfahren Störstellenparameter wie Baustellen, Unfälle und dergleichen eingegeben werden.

[0025] Weitere Vorteile und Merkmale der Erfindung ergeben sich aus der folgenden Beschreibung einiger Beispiele.

25 [0026] Dabei zeigen

- Fig. 1 graphisch die Abhängigkeit von Geschwindigkeiten und Belegungen,
 Fig. 2 schematisch eine erste Anordnung von einem Detektoren und Fahrbahnabschnitten,
 Fig. 3 schematisch eine zweite Anordnung von Detektoren und Fahrbahnabschnitten,
 30 Fig. 4 schematisch eine dritte Anordnung von Detektoren und Fahrbahnabschnitten,
 Fig. 5 schematisch eine vierte Anordnung von Detektoren und Fahrbahnabschnitten,
 Fig. 6 ein Geschwindigkeit-Verkehrsstärke-Diagramm,
 Fig. 7 ein Struktogramm zur Ermittlung der Geschwindigkeit,
 Fig. 8 schematisch die Zuordnung von BAB-Abschnitten und ESE-Abschnitten und
 35 Fig. 9 schematisch eine weitere Zuordnung von BAB-Abschnitten und ESE-Abschnitten.

[0027] Für die Verarbeitung der Daten in der Zentrale sind 3 Stufen vorgesehen:

1. Einfache Lösung
- 40 2. Konventionelle Lösung
3. Erweiterte Lösung mit wissenschaftlichen Lösungsansätzen

[0028] Die 3 Stufen unterscheiden sich in der Komplexität der eingesetzten Verfahren zur Auswertung der Verkehrsdaten und damit in der Qualität und Art der errechneten Verkehrskenngrößen.

45 [0029] Folgende Ergebnisse werden ermittelt:

Stufe 1:

[0030]

- 50
- streckenbezogene Reisegeschwindigkeitsklassen
 - Reisezeitbänder (durchschnittliche Reisezeit +- Toleranz)
 - Verkehrsdichteklassen

55

Stufe 2:

[0031]

- 5
- streckenbezogene Reisegeschwindigkeitsklassen unter Einbeziehung von Fundamentaldiagrammen
 - Verkehrsstromaufteilung an Knoten mit verbesserter Aussage der Verkehrssituation
 - Stau am Meßquerschnitt
 - Unruhe im Verkehrsablauf
 - Verkehrslage, einfach
- 10

Stufe 3:

[0032]

- 15
- streckenbezogene Reisegeschwindigkeitsklassen
 - Verkehrsstromaufteilung an Knoten
 - detaillierte Situationserkennung für einzelne Streckenabschnitte

20 **[0033]** In den einzelnen Stufen erfolgt eine Vorverarbeitung und Plausibilitätskontrolle der eingehenden Daten. Alle Ergebnisse beziehen sich auf Streckenabschnitte zwischen benachbarten Anschlußstellen oder Knotenpunkten (z.B. Bundesautobahn (BAB)-Abschnitte) und auf das jeweils aktuelle, in der Zentrale vorliegende Meßdaten-Intervall. Um Reisezeiten für ausgewählte Routen durch das Netz zu ermitteln, sind gleichzeitig die streckenbezogenen Reisegeschwindigkeiten unterschiedlicher Zeitintervalle entsprechend der Routenlänge und der Gesamtreisezeit erforderlich; diese müssen aus archivierten Ganglinien entnommen bzw. auf deren Basis prognostiziert werden. Routenbezogene

25 Reisezeiten werden hier noch nicht berechnet, können jedoch bei Bedarf auf der Basis aller 3 Stufen ermittelt werden.

[0034] Im folgenden wird das Datenpaket vom Aggregationsmodul beschrieben :

30

Zeit	[wt:hh:mm]	Endzeitpunkt des Erfassungsintervalls
MQ	[-]	Meßquerschnitts-Nr.

pro Minute folgender Block:

35

40

45

50

55

5

10

15

20

25

30

spurbezogene Werte:		
Q_Pkw	[Fz/h]	Verkehrsstärke, Pkw
Q_Lkw	[Fz/h]	Verkehrsstärke, Lkw
Q_ges	[Fz/h]	Verkehrsstärke, Kfz
V_Pkw	[km/h]	lokale Geschwindigkeit, Pkw
V_Lkw	[km/h]	lokale Geschwindigkeit, Lkw
V_max	[km/h]	maximale Einzelgeschwindigkeit
SV	[km/h]	Standardabweichung V_Kfz
B	[%]	Belegungsgrad
Fehler-Länge		[-] verschlüsselter Fehlercode
Fehler-B	[-]	verschlüsselter Fehlercode
Querschnittsbezogene Werte:		
A0_V	[km/h]	Trendfaktor für V_Kfz (konstant)
A1_V	[km/h]	Trendfaktor für V_Kfz (linear)
A2_V	[km/h]	Trendfaktor für V_Kfz (quadrat.)
A0_Q	[Fz/h]	Trendfaktor für Q_Kfz (konstant)
A1_Q	[Fz/h]	Trendfaktor für Q_Kfz (linear)
A2_Q	[Fz/h]	Trendfaktor für Q_Kfz (quadrat.)
N_Pulk	[-]	Pulkwert
ZL	[-]	Verkehrszustand lokal

[0035] Es werden die folgenden Parameter definiert :

35

Parameter der lokalen Aggregationsmodule:

[0036]

- 40 V_max_P [km/h]
- V_max_L [km/h]
- L_PL [dm]
- Q_max_Spur [Fz/h]
- Z_Pulk [s]
- 45 DV_Pulk [km/h]
- V_frei [km/h]
- B_frei [%]
- B_Stau [%]
- DT [s]
- 50 Alpha [-]
- Beta [-]
- Q1 [Fz/h]
- Q2 [Fz/h]
- Q_max_Voll [Fz/h]
- 55 B1 [%]
- B2 [%]

Variablen

[0037]

5	q	fahstreifenbezogene Verkehrsstärke
	Q	richtungsbezogene Verkehrsstärke
	v	fahstreifenbezogene mittlere Geschwindigkeit
	V	richtungsbezogene mittlere Geschwindigkeit
	b	fahstreifenbezogener Belegungsgrad
10	B	richtungsbezogener Belegungsgrad
	k	fahstreifenbezogene Verkehrsdichte
	K	richtungsbezogene Verkehrsdichte (Mittelwert) pro Spur
	σ_v	fahstreifenbez. Standardabweichung der Geschwindigkeit
	S_v	richtungsbezogene Standardabweichung der Geschwindigkeit
15	dx_{MQ-MQ}	Abschnittslänge zwischen Meßquerschnitten (Berechnung, sowie Eingaben)
	dx_{AS-AS}	Abschnittslänge zwischen Anschlußstellen (Berechnung, sowie Eingaben)
	f	Verkehrsbeziehung

Indizes

20

[0038]

	li, mi, re	Bezeichnung der Spur
	lok	lokale Größe
25	mom	momentane, streckenbezogene Größe
	Fz	Fahrzeuge Kfz
	Pkw	Fahrzeuge mit Länge < L_Pkw_lkw
	Lkw	Fahrzeuge mit Länge > L_Pkw_lkw
	H	Hauptfahrbahn
30	A	Ausfahrt
	E	Einfahrt
	N	Nebenfahrbahn

[0039] Ziel ist die Überprüfung und ggfs. Korrektur der von den Aggregationsmodulen kommenden Meßdaten. Es erfolgt die Umrechnung auf spurbezogene Werte. Hochrechnung von Richtungsgrößen aus fahstreifenbezogenen Größen.

[0040] Input sind fahstreifenbezogene Daten des Aggregationsmoduls in 1 min Intervallen.

[0041] Es erfolgt die Bestimmung der Anzahl der Pkw aus der gesicherten Anzahl der Fahrzeuge

40

$$Q_{Pkw} = Q_{Fz} - Q_{Lkw} \text{ pro Fahrstreifen}$$

und die Berechnung der richtungsbezogenen Kenngrößen Verkehrsstärke:

45

$$Q_{Fz} = \sum q_{Fz} [\text{Fz/min}]$$

[0042] Mittlere lokale Geschwindigkeit:

50

$$\bar{v}_{Fz,lok} = \frac{\sum_{i=li,mi,re} q_{Pkw}^i \cdot \bar{v}_{Pkw}^i + q_{Lkw}^i \cdot \bar{v}_{Lkw}^i}{Q_{Fz}} [\text{km/h}]$$

55

$$\bar{v}_{Pkw,lok} = \frac{\sum_{i=li,mi,re} q_{Pkw}^i \cdot \bar{v}_{Pkw}^i}{Q_{Pkw}} \text{ [km/h]}$$

5

$$\bar{v}_{Lkw,lok} = \frac{\sum_{i=li,mi,re} q_{Lkw}^i \cdot \bar{v}_{Lkw}^i}{Q_{Lkw}} \text{ [km/h]}$$

10

[0043] Mittlere momentane Geschwindigkeit

$$\bar{v}_{Fz,mom} \approx 0,974 \cdot \bar{v}_{Fz,lok}$$

15

[0044] Verkehrsdichte pro Fahrtrichtung

$$K_{Fz} = \frac{Q_{Fz}}{\bar{v}_{Fz,mom} \cdot \text{AnzahlFahrstreifen}} \cdot 60 \text{ [Fz/km} \cdot \text{Fahrstreifen]}$$

20

[0045] Belegung pro Fahrtrichtung

$$B = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n b_i \text{ [%]}$$

25

[0046] Standardabweichung pro Fahrtrichtung

$$S_v = \sqrt{\frac{1}{\sum_{i=li,mi,re} q_{Fz}^i - 1} \cdot \sum_{i=li,mi,re} (\sigma_i^2 (q_{Fz}^i - 1) + (\bar{v}_{Fz}^i - \bar{v}_{Fz,lok}) \cdot q_{Fz}^i)} \text{ [km/h]}$$

35

mit der mittleren lokalen fahstreifenbezogenen Geschwindigkeit

$$\bar{v}_{Fz}^i = \frac{q_{Pkw}^i \cdot \bar{v}_{Pkw}^i + q_{Lkw}^i \cdot \bar{v}_{Lkw}^i}{q_{Pkw}^i + q_{Lkw}^i}$$

40

[0047] Die Standardabweichung gibt die Schwankungsbreite der Geschwindigkeit wieder.

[0048] Dann erfolgt die Hochrechnung von Einspurerfassung auf Querschnitt 3 Fahrstreifen.

Verkehrsstärke

$$Q_{Fz} = 2,04 \cdot q_{Fz}^{li}$$

50

$$Q_{Fz} = 2,63 \cdot q_{Fz}^{mi}$$

55

$$Q_{Fz} = 4,35 \cdot q_{Fz}^{re}$$

Geschwindigkeit

[0049] Fahrstreifenbezogene Verkehrsstärke in [Fz/min]

$$\bar{V}_{Fz,lok} = \left(4,37 \cdot \frac{q_{Fz}^{li}}{1000} + 0,85 \right) \cdot \bar{v}_{Fz,lok}^{-li} = F^{mi} \cdot \bar{v}_{Fz,lok}^{-li}$$

$$\bar{V}_{Fz,lok} = \left(-1,87 \cdot \frac{q_{Fz}^{mi}}{1000} + 0,95 \right) \cdot \bar{v}_{Fz,lok}^{-mi} = F^{mi} \cdot \bar{v}_{Fz,lok}^{-mi}$$

$$\bar{V}_{Fz,lok} = \left(3,11 \cdot \frac{q_{Fz}^{re}}{1000} + 1,10 \right) \cdot \bar{v}_{Fz,lok}^{-re} = F^{re} \cdot \bar{v}_{Fz,lok}^{-re}$$

[0050] In Fig.1. sind die belegungsabhängigen Faktoren F^{li} für die linke Fahrspur, F^{mi} für die mittlere Fahrspur und F^{re} für die rechte Fahrspur in Abhängigkeit der Belegungen q^{li} , q^{mi} , q^{re} graphisch dargestellt.

Zwei Fahrstreifen

Verkehrsstärke

$$Q_{Fz} = 1,311 \cdot q_{Fz}^{li} + 7,056$$

$$Q_{Fz} = 4,219 \cdot q_{Fz}^{re} - 22,717$$

Geschwindigkeit

$$\Delta v = -\frac{6}{400} \cdot Q_{Fz} + 60 \quad Q \leq 40000$$

$$\Delta v = 0 \quad Q \geq 4000$$

$$\bar{v}_{Fz,lok}^{-li} = \bar{v}_{Fz,lok}^{-re} + \Delta v$$

$$\bar{v}_{Fz,lok}^{-re} = \bar{v}_{Fz,lok}^{-li} - \Delta v$$

sowie die Berechnung der gesicherten Maximalgeschwindigkeit (95%) eines Fahrzeugs

[0051] Annahme der Normalverteilung der Geschwindigkeiten

$$v_{\max,lok} = \max(\bar{v}_{Fz,lok}^i + 1,96 \cdot \sigma_v^i) \quad i = li, mi, re$$

[0052] Die Rückrechnung der fahrstreifenbezogenen Reisegeschwindigkeit aus der querschnittsbezogenen Reisegeschwindigkeit kann ebenfalls benutzt werden.

[0053] Ergebnisse sind:

Richtungsbezogene Verkehrsdaten Q_{Fz} , $\bar{V}_{Fz,lok}$, $\bar{V}_{Fz,mom}$, K_{Fz} , B
 Fahrstreifenbezogene Verkehrsdaten $V_{\max,lok}$, s_v , S_v

[0054] Im folgenden werden die Berechnungsverfahren erläutert.

Stufe 1:

Konzept

5 [0055]

- Reisegeschwindigkeit im Streckenabschnitt:
harmonisches Mittel der lokalen Geschwindigkeiten Reisegeschwindigkeit in Knoten:

10 • Hauptfahrbahn wie Streckenabschnitt
• Rampen durch Vergleich der Randquerschnitte mit Logik und anschließende Zuordnung von Reduktionsfaktoren

15 • Reisezeitband aus Geschwindigkeitsklasse und Abschnittslänge
• Verkehrsdichte Streckenabschnitt:
Verkehrsstärke stromauf durch Reisegeschwindigkeit (Angleich mit lokalen Verkehrsdichten, Plausibilitätsgrenzen)
• Verkehrsdichte in Knoten:

20 • Hauptfahrbahn: wie Streckenabschnitt, mit Reduktion entsprechend Rampen
• Rampen: Einteilung nach Logik mit Randquerschnitten
• Plausibilitätsgrenzen

Eingabe :

25 [0056]

Richtungsbezogene Verkehrsdaten Q_{Fz} , $\bar{V}_{Fz,lok}$, $\bar{V}_{Fz,mom}$, K_{Fz} , B , S_v

Berechnung:

30 Fall1:

[0057] In Fig.2 ist dargestellt, wie mittels eines Detektors D der Abschnitt A einer Hauptfahrbahn H zwischen einer ersten Rampe R1 und einer zweiten Rampe R2 charakterisiert wird.

35 [0058] Die Reisegeschwindigkeit im Abschnitt wird in erster Näherung aus der lokalen richtungsbezogenen mittleren Geschwindigkeit der Fahrzeuge errechnet.

$$\bar{V}_{Fz,mom} = 0,974 \cdot \bar{V}_{Fz,lok}$$

40 [0059] Die Standardabweichung der momentanen Geschwindigkeit wird gleich der Standardabweichung der lokalen Geschwindigkeit angenommen.

Verkehrsstärke ist die richtungsbezogene Verkehrsstärke Q

45 Verkehrsdichte ist die richtungsbezogene Dichte K pro Fahrstreifen

Reisezeit

50 [0060] Bestimmung der normierten Reisezeit (pro km) im Abschnitt

$$t_R = \frac{1}{\bar{V}_{Fz,mom}} \cdot 60 \text{ [min/km]}$$

55 Reisezeitband

[0061] Das Reisezeitband gibt die Bandbreite der Reisezeit an, die sich aus der Standardabweichung der Geschwin-

digkeit errechnet.

$$\Delta t_R = \pm \frac{1}{S_v} \cdot 60 \text{ [min/km]}$$

5

Fall 2:

[0062] In Fig.3 ist dargestellt, wie ein Abschnitt A einer Hauptfahrbahn H zwischen einer ersten Rampe R1 und einer zweiten Rampe R2 mittels eines ersten Detektors D1 und eines zweiten Detektors D2 charakterisiert wird.

10

[0063] Reisegeschwindigkeit im Abschnitt ist das arithmetische Mittel aus den mittleren momentanen Geschwindigkeiten der m Meßquerschnitte im Abschnitt

15

$$\bar{V}_{Fz,mom} = \frac{1}{m} \cdot \sum_{i=1}^m \bar{V}_{Fz,mom}^i \text{ [km/h]}$$

Standardabweichung der Geschwindigkeit

20

[0064] Die Standardabweichung ergibt sich aus den n Standardabweichungen der zu berücksichtigenden Meßquerschnitte.

25

$$S_v = \sqrt{\frac{1}{n \cdot (\sum_{i=1}^n Q_{Fz}^i - 1)} \cdot \sum_{i=1}^n (S_i^2 (Q_{Fz}^i - 1) + (\bar{V}_{Fz,lok}^i - \bar{V}_{Fz}) \cdot Q_{Fz}^i)} \text{ [km/h]}$$

mit der mittleren Geschwindigkeit über alle betrachteten Meßquerschnitte

35

$$\bar{V}_{Fz} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{Fz}^i \cdot \bar{V}_{Fz,lok}^i}{\sum_{i=1}^n Q_{Fz}^i}$$

[0065] Verkehrsstärke im Abschnitt ist das arithmetische Mittel der lokalen richtungsbezogenen Verkehrsstärken der m Meßquerschnitte im Abschnitt

40

$$Q_{Fz} = \frac{1}{m} \cdot \sum_{i=1}^m Q_{Fz}^i \text{ [Fz/min]}$$

45

Verkehrsdichte

50

$$K_{Fz} = \frac{Q_{Fz}}{\bar{V}_{Fz,mom} \cdot \text{AnzahlFahrstreifen}} \cdot 60 \text{ [Fz/km]}$$

Reisezeit

55

[0066] Bestimmung der normierten Reisezeit (pro km) im Abschnitt

EP 0 902 405 A2

$$t_R = \frac{1}{\bar{V}_{Fz,mom}} \cdot 60 \text{ [min/km]}$$

5 [0067] Das Reisezeitband errechnet sich wie in Fall 1.

Fall 3:

10 [0068] In Fig.4 ist dargestellt, wie eine Hauptfahrbahn H in 3 Abschnitte A1, A2 und A3 zwischen verschiedenen Rampen R eingeteilt ist, wobei im ersten Abschnitt A1 ein erster Detektor D1 und im dritten Abschnitt A3 ein zweiter Detektor D2 vorgesehen ist.

[0069] Reisegeschwindigkeit im Abschnitt ist das arithmetische Mittel aus den mittleren Geschwindigkeiten der benachbarten Abschnitte

15

$$\bar{V}_{Fz,mom} = \frac{1}{2} \cdot (\bar{V}_{Fz,mom}^{Abschnitt1} + \bar{V}_{Fz,mom}^{Abschnitt2}) \text{ [km/h]}$$

[0070] Die Standardabweichung der Geschwindigkeit errechnet sich wie in Fall 1.

20 [0071] Verkehrsstärke im Abschnitt ist das arithmetische Mittel der lokalen richtungsbezogenen Verkehrsstärken der m umliegenden Meßquerschnitte

25

$$Q_{Fz} = \frac{1}{m} \cdot \sum_{i=1}^m Q_{Fz}^i \text{ [Fz/min]}$$

Verkehrsdichte

30

$$K_{Fz} = \frac{Q_{Fz}}{\bar{V}_{Fz,mom} \cdot \text{AnzahlFahrstreifen}} \cdot 60 \text{ [Fz/km]}$$

Reisezeit

35 [0072] Bestimmung der normierten Reisezeit (pro km) im Abschnitt

40

$$t_R = \frac{1}{\bar{V}_{Fz,mom}} \cdot 60 \text{ [min/km]}$$

[0073] Das Reisezeitband errechnet sich wie in Fall 1.

Fall 4:

45 [0074] In Fig.5 ist Fall 4 dargestellt, wobei zwei Detektoren D1 und D2 jeweils in den Abschnitten A1 und A2 angeordnet sind.

50 Fall 4 entspricht Fall 3 mit einem konstanten Abminderungsfaktor f für die Geschwindigkeit auf der Rampe $f=f(\text{Anz. FS, } v_{zul}, \text{ Rampenart})$

Ausgabe :

[0075]

55 Richtungsbezogene Größen pro Abschnitt
Verkehrsstärke
Reisegeschwindigkeit

Verkehrsdichte
Reisezeit

- Ermittlung Bemessungsverkehrsstärke QB aus Q_Pkw, Q_Lkw, V_Pkw, V_Lkw
- 5 • Stau am Meßquerschnitt: BABSY-Modul mit Grenzgeschwindigkeit und Berücksichtigung von V_Pkw, V_Lkw
- Unruhe im Streckenabschnitt: BABSY-Modul mit SV_links
- Grobe Schätzung der Aufteilungsverhältnisse am Knoten mit Furness
Korrektur der Werte aus Stufe 1 Logik

10 Stufe 2:

Konzept

[0076]

15

Richtungsbezogene Verkehrsdaten: $Q_{Fz}, V_{Fz}, K_{Fz}, S_V$

Berechnung:

20 [0077]

Glättung und Kurzzeitprognose

Die nach Abschnitt 5 ermittelten aktuellen Meßgrößen Z_{mess} ($= Q_P, Q_L, V_{QP}, V_{QL}$ und V_Q) werden in jedem Meßintervall durch folgendes Verfahren (exponentielle Glättung mit Trendextrapolation) in Prognosewerte Z_{prog} umgewandelt:

25

$$Z_{prog} = Z_{neu} + \Delta Z_{neu}$$

30 wobei

$$\begin{aligned} Z_{neu} &= \alpha \cdot Z_{mess} + (1 - \alpha) Z_{alt} \\ \Delta Z_{neu} &= \beta (Z_{mess} - Z_{alt}) + (1 - \beta) \Delta Z_{alt} \end{aligned}$$

(Z_{neu} und ΔZ_{neu} werden im neuen Meßintervall zu Z_{alt} und ΔZ_{alt}).

35

[0078] Die Glättungsparameter sind einstellbar.

Voreingestellt: $\alpha = 0,2$ $\beta = 0,1$

40 [0079] Berechnung der Bemessungsverkehrsstärke für den Querschnitt. Die Prognoseverkehrsstärken für Pkw und Lkw werden mit Hilfe eines Äquivalenzfaktors f_L in eine Pkw-Einheiten-Verkehrsstärke QB umgerechnet, die als Bemessungsverkehrsstärke herangezogen wird. Es gilt:

45

$$f_L = k_1 + k_2 (V_{QP, prog} - V_{QL, prog})$$

$$Q_B = Q_{P, prog} + f_L \cdot Q_{L, prog} \text{ [PkwE/h]}$$

[0080] Die Parameter k_1 und k_2 sind justierbar. Erstversorgung:

50

$$k_1 = 2,0$$

$$k_2 = 0,01$$

55

Fall 1:

[0081] Der Fall 1 bezieht sich auf die in Fig. 3 dargestellte Situation.

Bestimmung von QB für jeden MQ
arithmetisches Mittel der Werte von QB im Abschnitt

Fall 2:

5

[0082] Der Fall 2 bezieht sich auf die in Fig. 4 dargestellte Situation.

arithmetisches Mittel der QB der benachbarten MQ

10 Staudetektion

[0083] Stau an einem Meßquerschnitt wird erkannt, wenn die Prognosegeschwindigkeit auf der Hauptfahrbahn:

15

$$V_{Q, \text{prog}} < V_{\text{Stau}}$$

unter der Nebenbedingung, daß die Differenz zwischen den Prognosegeschwindigkeiten der Pkw und der Lkw (als Absolutwert) einen bestimmten Wert nicht übersteigt.

20

$$\text{d.h.: } |V_{QP, \text{prog}} - V_{QL, \text{prog}}| \leq V_{\text{Diff}}$$

$$\text{sowie } Q_P + Q_L > \text{Mindest-Kfz-Anzahl}$$

25 Die Parameter V_{Stau} , V_{Diff} und die Mindest-Kfz-Anzahl sind justierbar.

Voreingestellt:

[0084]

30

$$V_{\text{Stau}} = 35 \text{ km/h}$$

$$V_{\text{Diff}} = 25 \text{ km/h}$$

$$\text{Mindest-Kfz-Anzahl} = 600 \text{ Kfz/h}$$

35 **[0085]** Für die Aufhebung der Staumeldung gilt:

$$V_{Q, \text{prog}} > V_{\text{Stau, aus}}$$

40 Grenzwert $V_{\text{Stau, aus}}$ ist justierbar. Voreingestellt: 50 km/h.

Unruhedetektion

[0086] Unruhe an einem MQ wird erkannt, wenn für den linken Fahrstreifen gilt:

45

$$S_V > S_{\text{grenz}}$$

unter der Nebenbedingung

50

$$Q_P + Q_L > Q_{\text{grenz}}$$

und

55

$$Q_{P, \text{prog}} + Q_{L, \text{prog}} > Q_{\text{prog, grenz}}$$

EP 0 902 405 A2

[0087] Die Grenzwerte S_{grenz} , Q_{grenz} und $Q_{\text{prog.grenz}}$ sind justierbar. Voreingestellt:

$$S_{\text{grenz}} = 20 \text{ km/h.}$$

$$Q_{\text{grenz}} = 1200 \text{ Fz/h}$$

5 $Q_{\text{prog.grenz}} = 2000 \text{ Fz/h (2streifiger Bereich)}$
 $= 3000 \text{ Fz/h (3streifiger Bereich)}$

Schätzung der Aufteilungsverhältnisse am Knoten mit einem Verfahren nach FURNESS

10 Beschreibung:

[0088] Das Modul führt eine iterative Berechnung der Matrixelemente auf Grund der Vorgabe einer Vorgewichtung und der Matrixzeilen- und -spaltensummen durch. FURNESS (1965)

15 Algorithmen:

[0089] Vereinfachung der allgemeinen Entropieformel für Knotenpunkte (keine Vorgaben von Strecken)

20
$$f_{kl} = w_{kl} \cdot X_k \cdot X_l$$

[0090] Iterative Berechnung der Ausgleichsfaktoren X_k und X_l nach einer beliebigen Initialisierung eines dieser Faktoren

25
$$X_k = \frac{Q_k}{\sum_l X_l \cdot w_{kl}}$$

30
$$X_l = \frac{Z_l}{\sum_k X_k \cdot w_{kl}}$$

35 Definitionen:

Input:

40 **[0091]**

Q_k int Zeilensummen der Matrix
 Z_l int Spaltensummen der Matrix
 w_{kl} int Gewichtungsmatrix (absolut) Defaultwerte

45 siehe Anhang

[0092]

50 n_k int Anzahl der Matrixzeilen
 n_l int Anzahl der Matrixspalten

Parameter:

55 **[0093]**

iter int Anzahl der Iterationsschritte

Variablen:

[0094]

5 x_k double Ausgleichsfaktoren
 x_l double Ausgleichsfaktoren

Hilfsvariablen:

10 **[0095]**

sum_w int Summe der Gewichte multipl. mit der Zeilen oder
Spaltensumme einer Zeile oder Spalte
k int Schleifenzähler Zeilen
15 l int Schleifenzähler Spalten
n int Schleifenzähler Iterationen

Output:

20 **[0096]**

f_{kl} int ausgeglichene Matrix der Verkehrsstärken

25

30

35

40

45

50

55

```

c FURNESS
5
c Initialisierung
  do k=1,n_k
    xk(k)=float(qk(k)) ! reale Streckenbelastung der Zu-
10 flüsse
  end do

15 c Ausgleich der geschätzten Matrix
  do n=1,iter ! Iterationen

20   do l=n_k+1,n_k+n_l
     sum_w = 0
     if(zl(l).ne.0) then
25       do k=1,n_k
          sum_w = sum_w + xk(k)*w(k,l) ! Gewichtsumme
        end do
       if (sum_w .ne. 0) then
30         xl(l)=float(zl(l))/sum_w
       endif
     endif
  end do

35

  do k=1,n_k
40     sum_w = 0
     if(qk(k).ne.0) then
       do l=n_k+1,n_k+n_l
45         sum_w = sum_w+xl(l)*w(k,l)
       end do
     if (sum_w .ne. 0) then
50       xk(k) = float(qk(k))/sum_w
     endif
  end do

```

55

```

        endif
    endif
5    end do

    end do

10

    do k=1,n_k
        do l=n_k+1,n_k+n_l
15        f(k,l) = w(k,l)*xk(k)*xl(l)    ! Ausgegl. Matrix
        end do
    end do

20

```

Berechnung von fehlenden Querschnittsbelastungen

25 **[0097]** Da nicht alle Zufahrt- und Abfahrtbelastungen über Detektoren erfaßt werden können, ist es erforderlich, daß fehlende Querschnittszählungen für das Schätzverfahren aus historischen Daten bestimmt werden. Hierfür kann an Stelle der nicht erfaßten MQs ein fiktiver MQ treten, dessen Meßwert aus Standardganglinien oder aus vorhandenen Meßwerten und Aufteilungsraten bestimmt wird.

30 Standardganglinien

[0098] Nutzung von Standardganglinien für die fiktiven Meßquerschnitte. Die Standardganglinien müssen vorgehalten werden. In Abhängigkeit von der Uhrzeit ist der zugehörige Wert zu entnehmen.

35 Aufteilungsraten f

[0099] Vorgabe von Q z.B. aus Meßquerschnitt auf der Hauptfahrbahn und bestimmung von Q in der nachfolgenden Ausfahrt durch konstanten oder wenn vorhandenen zeitabhängigen Faktor f_A .

$$40 \quad Q_A = f_A \cdot Q_H$$

Bestimmung der Reisegeschwindigkeit

45 **[0100]** Reisegeschwindigkeit aus Standardfundamentaldiagrammen mit Streckeneinteilung entsprechend der Stolz-Mäcke-Systematik. Ermittlung der Geschwindigkeit im Abschnitt aus dem FDG unter Verwendung der Bemessungsverkehrsstärke Q_B [Pkw-E] und der Belegungszeit.

[0101] In Abhängigkeit vom Streckentyp der Meßstelle oder des Abschnitts werden die standardisierten Parameter des Fundamentaldiagramms sowie die frei parametrierbaren Schwellwerte für die Belegungszeit aus einer Liste (Datei) gelesen.

[0102] Das FDG (Geschwindigkeit-Verkehrsstärke-Diagramm) wird über 5 Stützstellen (q; v) beschrieben

0: (0; v₀)
55 A: (q_A; v_A)
B: (q_B; v_B)
C: (q_C; v_C)
D: (q_B; 0,5v_C)

[0103] In Fig.6 ist das FDG dargestellt.

[0104] Die Eckdaten der einzelnen Fundamentaldiagramme sind im Anhang aufgeführt. Das Bezugsintervall ist 1 Minute.

5 *Streckentyp

[0105]

- 10
1. Ziffer : planfreie Kreuzungen
 2. Ziffer : 1= mit Standstreifen, 2= ohne Standstreifen
 3. Ziffer : Anzahl der Spuren
 4. Ziffer : Qualitätsstufe 1 bis 7

Vorgehen:

15

[0106] In Fig.7 ist das Vorgehen in einem Struktogramm dargestellt.

[0107] Die Standardabweichung der Geschwindigkeit und somit das Reisezeitband ergeben sich entsprechend Kapitel 6.

20 Ausgabe:

[0108]

- 25
- Richtungsbezogene Größen
 - Reisegeschwindigkeit
 - Reisezeit
 - Fahrtenmatrix Knoten
 - BABSY(Bundesautobahnssystem)-Meldungen

30 Stufe 3:

Konzept

[0109]

35

- Berechnung der Profile von Verkehrsdichte und Streckengeschwindigkeit mit ESE auf durchgehenden Streckenabschnitten, Zu- und Abflüsse innerhalb der Abschnitte werden fest versorgt (zukünftig auch als Ganglinie vorgebar)
- Ermittlung der Verkehrssituationen, inklusive Störfall in Streckenabschnitten

40

Eingabe:

[0110]

45 Richtungsbezogene Verkehrsdaten der Meßquerschnitte: Q_{Fz}, V_{Fz}, S_v

Berechnung:

[0111]

50

Schätzung der Aufteilungsverhältnisse am Knoten

wie in Stufe 2.

55 [0112] Verkehrsabbildung mit ESE (Erweiterte Situationserkennung): Mit dem Verkehrsmodell ESE werden Profile der Verkehrsstärke, Geschwindigkeit und Verkehrsdichte für einzelne Segmente eines Abschnitts erzeugt. Darüberhinaus werden Aussagen über die Verkehrssituation gemacht im Abschnitt gemacht.

[0113] Ein Abschnitt in ESE bezieht sich auf Grund des Modellansatzes immer auf die Strecke zwischen zwei Meßquerschnitten. Der Abschnitt der im Feldversuch (Visualisierung) verwendet wird ist begrenzt durch Knotenpunkte oder

Anschlußstellen. Zur Visualisierung müssen die ESE-Abschnitte bzw. Segmente den Visualisierungsabschnitten zugeordnet werden.

Zuordnungsvorschrift

5

[0114] In Fig.8 ist eine Bundesautobahn BAB dargestellt, die in 3 Abschnitte A1, A2 und A3 mit jeweils einem Detektor D1, D2 und D3 eingeteilt ist. Für die ESE ist ein ESE-Abschnitt ESE-A1 zwischen dem ersten Detektor D1 und dem zweiten Detektor D2 in 3 Segmente S_1^m, S_2^m, S_3^m und entsprechend des ESE-Abschnitt ESE-A2 zwischen dem zweiten Detektor D2 und dem dritten Detektor D3 in drei Segmente S_1^n, S_2^n und S_3^n eingeteilt.

10

$$A_{\text{visu}} = \sum S_i^m + \sum S_i^n$$

Segmentbezogene Daten

15

[0115]

Verkehrsstärke im Segment ist die errechnete Verkehrsstärke des Anfangsquerschnitts des Segments

20

Geschwindigkeit im Segment ist die errechnete Geschwindigkeit des Anfangsquerschnitts des Segments

Verkehrsdichte im Segment ist die errechnete Verkehrsdichte Abschnittsbezogene Daten (werden aus den Daten der n einzelnen Segmente ermittelt)

25

Verkehrsstärke

$$Q_{Fz} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n Q_i$$

30

Geschwindigkeit

$$V_{Fz} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n V_i$$

35

Verkehrsdichte

40

$$K_{Fz} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n K_i$$

45

[0116] Die Standardabweichung der Geschwindigkeit und somit das Reisezeitband ergeben sich entsprechend Kapitel 6.

Ermittlung der Verkehrssituation

50

[0117] Die Verkehrssituation wird für den ESE-Abschnitt ermittelt. Zur Anpassung an den BAB-Abschnitt wird für die einzelnen Situationen jeweils eine entsprechende Logik vorgeschlagen. Die Situation wird im nächsten Intervall auf Null gesetzt und mit den neu berechneten ESE-Situationen neu bestimmt.

[0118] In Fig.9 ist die Anpassung der BAB-Abschnitte A_{m-1}, A_m und A_{m+1} und der ESE-Abschnitte ESE- $A_{n-2}, A_{n-1}, A_n, A_{n+1}$ dargestellt.

55

EP 0 902 405 A2

Situation S1: Verkehrstechnischer Engpaß

[0119] Als verkehrstechnischer Engpaß ist eine Situation definiert, bei der sich die Anzahl der verfügbaren Fahrstreifen durch ein verkehrstechnisches Ereignis, z.B. einen Unfall oder ein liegengebliebenes Fahrzeug, reduziert, und sich infolgedessen Unstetigkeiten im Verkehrsfluß ergeben.

5

10

ESE A_{n-1}		S3	S4	S5	S6
ESE A_n	S1	S1	S1	S1	S1
ESE A_{n+1}					
BAB A_{m-1}				S4	
BAB A_m		S3	S1	S5	
BAB A_{m+1}	S1				

15

Situation S2 : Störung an einem baulichen Engpaß

20

[0120] Hierbei handelt es sich um eine Situation, bei der die Anzahl der Fahrstreifen durch bauliche Einschränkungen reduziert ist (z.B. Spursubtraktion). Da ein baulicher Engpaß an einer definierten Stelle eingerichtet wird, kann hier eine eindeutige Zuordnung zu einem BAB-Abschnitt gemacht werden.

25

Situation S3 : Verdichtung

[0121] Hierbei handelt es sich um die bereichsweise Verdichtung in einem Abschnitt.

30

ESE A_{n-1}	S3	S4	S5	S6
ESE A_n	S3	S3	S3	S3
ESE A_{n+1}				
BAB A_{m-1}				
BAB A_m	S3	S3	S3	S6
BAB A_{m+1}				

35

40

Situation S4 : Einwandernder Stau

[0122] Es handelt sich dabei um Stauungen, die vom stromabwärts liegenden Abschnitt in den betrachteten Abschnitt einwandern. Im betrachteten Abschnitt sind daher nur die Wirkungen zu erkennen, die Störungsursache liegt in einem stromabwärts liegenden Abschnitt.

45

50

ESE A_{n-1}			
ESE A_n	S4	S4	S4
ESE A_{n+1}		S5	S6
BAB A_{m-1}			
BAB A_m			
BAB A_{m+1}	S3	S6	S6

55

EP 0 902 405 A2

Situation S5 : Zugestauter Abschnitt

[0123] Ein Abschnitt ist dann zugestaut wenn die Verkehrsdichte im gesamten Abschnitt eine definierte Größe überschreitet und die Geschwindigkeit an den beiden Abschnittsgrenzen eine definierte Größe unterschreitet.

5

10

15

ESE A_{n-1}		S4	S5	S6
ESE A_n	S5	S5	S5	S5
ESE A_{n+1}				
BAB A_{m-1}				
BAB A_m	S3	S5	S5	S6
BAB A_{m+1}	S3			

Situation S6 : Stockender Verkehr

[0124] Dieser bezeichnet Situationen mit Unruhe im Verkehrsablauf.

20

25

30

ESE A_{n-1}		S3	S4	S5	S6
ESE A_n	S6	S6	S6	S6	S6
ESE A_{n+1}					
BAB A_{m-1}					
BAB A_m	S6	S3	S6	S6	S6
BAB A_{m+1}	S6				

Output:

35

[0125]

- Richtungsbezogene Größen
- Reisegeschwindigkeit
- Reisezeit
- Fahrtenmatrix Knoten
- ESE-Meldungen (Verkehrssituationen)
- Wahrscheinlichkeit der Meldung

40

[0126] Baustellenversorgung

Eingabe von Baustellen und/oder Straßenarbeiten mit Einfluß auf die Anzahl der Fahrstreifen und den Verkehrsablauf.

Visualisierung der Reisegeschwindigkeit

50

[0127]

Einteilung in 4 Klassen (Vgrenz: 20-60-90)

55

Visualisierung der Verkehrsdichte

[0128]

5 Einteilung in 4 Klassen (Kgrenz: 30-60-90) für die Visualisierung

Verkehrstechnischer Meldungsblock

[0129]

10 BABSY und ESE Meldungen

Betrieblicher Meldungsblock

15 **[0130]** Im Meßwertarchiv werden die Rohdaten der Detektoren und die Daten der Parametrierung der Detektoren und des Aggregationsmoduls sowie der Zentrale gespeichert. Die Rohdaten der Detektoren werden pro Detektor und Tag in eine Datei geschrieben. Die Parametrierungsdaten sind für jede Änderung und für jeden Detektor bzw. Aggregationsmodul mit dem Datum der Änderung zu speichern.

20 Rohdaten der Detektoren

[0131]

25

Zeit	[wt:hh:mm]	Endzeitpunkt des Erfassungsintervalls
MQ	[-]	Meßquerschnitts-Nr.

30 pro Minute folgender Block:

35

spurbezogene Werte:		
Q_Pkw	[Fz/h]	Verkehrsstärke, Pkw
Q_Lkw	[Fz/h]	Verkehrsstärke, Lkw
Q_ges	[Fz/h]	Verkehrsstärke, Kfz
V_Pkw	[km/h]	lokale Geschwindigkeit, Pkw
V_Lkw	[km/h]	lokale Geschwindigkeit, Lkw
V_max	[kmlh]	maximale Einzelgeschwindigkeit
SV	[km/h]	Standardabweichung V_Kfz
B	[%]	Belegungsgrad
Fehler-Länge		[-] verschlüsselter Fehlercode
Fehler-B	[-]	verschlüsselter Fehlercode

40

45

50

Detektorparameter

[0132]

55 V_max_P [km/h]
 V_max_L [km/h]
 L_PL [dm]

[0133] Eine off-line Auswertung greift auf die Rohdaten der Detektoren, auf die Ergebnisse der drei Stufenmodelle und auf die Parametrierungsdaten zurück.

[0134] 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, **dadurch gekennzeichnet**, daß die übertragenen Daten in wenigstens zwei redundanten, zueinander unterschiedlichen und unabhängigen Berechnungsverfahren zur Ermittlung streckenbezogener Verkehrsinformationen bearbeitet werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die übertragenen Daten zur Erstellung eines standardisierten Basisdatensatzes vorverarbeitet werden.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die übertragenen Daten in zwei Berechnungsverfahren unterschiedlicher Komplexität bearbeitet werden.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Verarbeitung der Daten deren Plausibilität überprüft wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß eines der wenigstens zwei Berechnungsverfahren ein einfaches Interpolationsverfahren geringer Komplexität ist.
6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß Eingangsdaten des Berechnungsverfahrens geringer Komplexität Fahrzeuggeschwindigkeit v und Verkehrsstärke q , Ausgangsdaten eine Reisegeschwindigkeit und Verkehrsdichte k sind.
7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Berechnungsverfahren geringer Komplexität zusätzlich eine Staustörmeldung ausgibt.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß eines der wenigstens zwei Berechnungsverfahren ein auf der Datenanalyse auf der Basis eines Fundamentaldiagramms basierendes Verfahren hoher Komplexität ist.
9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß Eingangsdaten des Berechnungsverfahrens hoher Komplexität Fahrzeuggeschwindigkeit v , Verkehrsstärke q und Belegung b sind, Ausgangsdaten eine Reisezeit bezogen auf Reisegeschwindigkeit und Verkehrsdichte k sind.
10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß Berechnungsverfahren hoher Komplexität zusätzlich ein Verkehrssituationsstatussignal, wenigstens differenziert nach Frei/Kritisch/Stau ausgibt.
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die übertragenen Daten in wenigstens einem dritten, hochkomplexen Berechnungsverfahren für eine erweiterte Situationserkennung bearbeitet werden.
12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß bei dem hochkomplexen Berechnungsverfahren Fuzzylogik eingesetzt wird.
13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß in die Berechnungsverfahren Störstellenparameter wie Baustellen, Unfälle und dergleichen eingegeben werden.
14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß als Meßwerte Fahrzeuggeschwindigkeit, Verkehrsstärke und Belegung erfaßt werden.
15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Meßwerte fahrspuren-

bezogen erfaßt werden.

16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß als Meßwerte Fahrzeugtypunterscheidungswerte erfaßt werden.
17. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß in der übergeordneten Datenverarbeitungsanlage streckenbezogene Verkehrsinformationen durch Verknüpfung der übertragenen Daten benachbarter Erfassungsquerschnitte errechnet werden.
18. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Daten zur Routensuche ausgewertet werden.
19. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Daten zur Ausgabe von Verkehrsleitungsinformationen ausgewertet werden.
20. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Daten zur Abgabe von Verkehrsentwicklungsprognosen ausgewertet werden.
21. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Daten zur Ausgabe von Reisezeitinformationen ausgewertet werden.
22. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Daten zur Ausgabe von Stauinformationen ausgewertet werden.

FIG 1

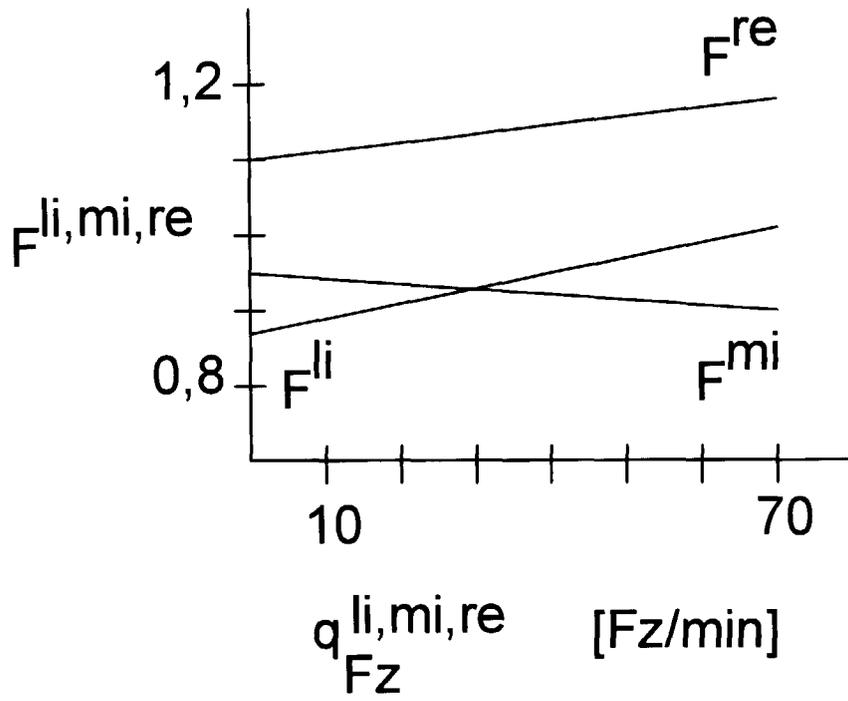


FIG 2

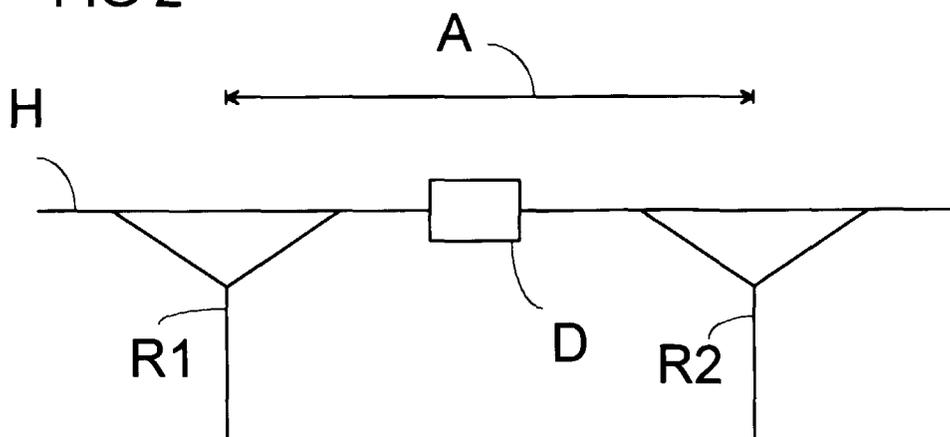


FIG 3

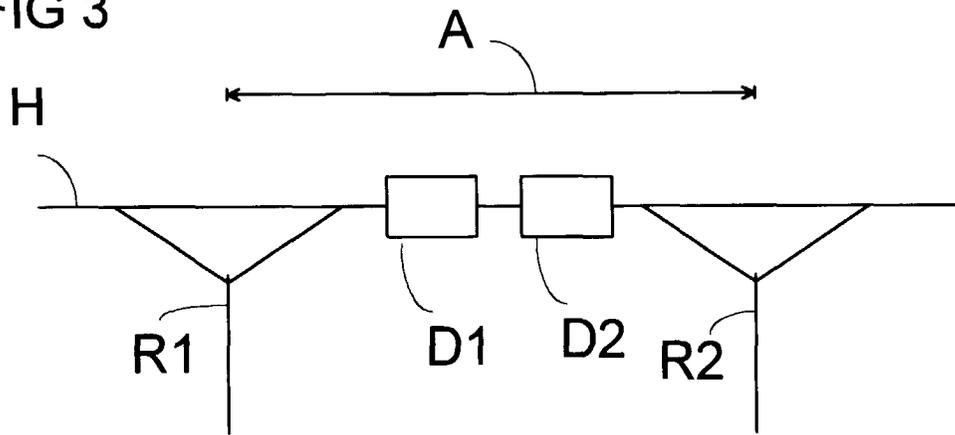


FIG 4

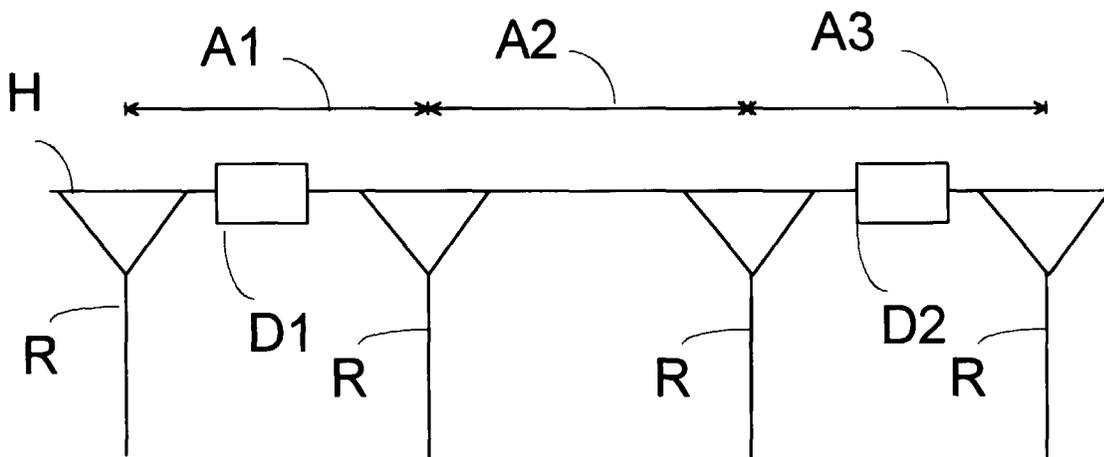


FIG 5

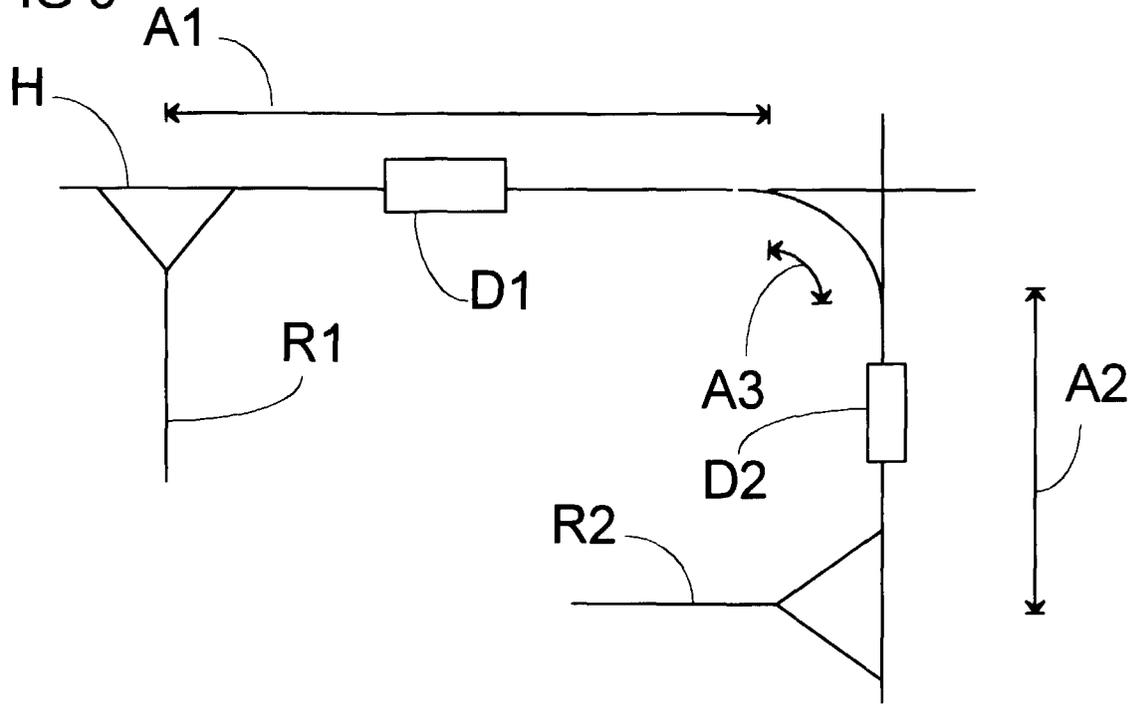


FIG 6

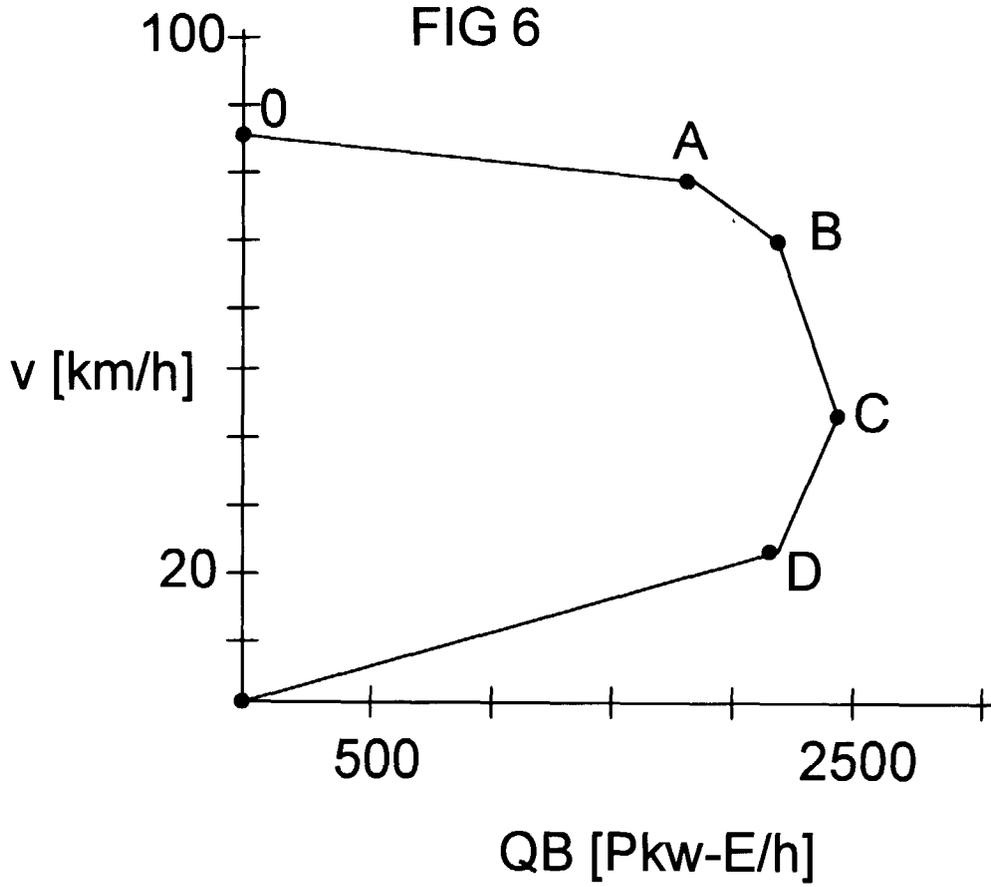
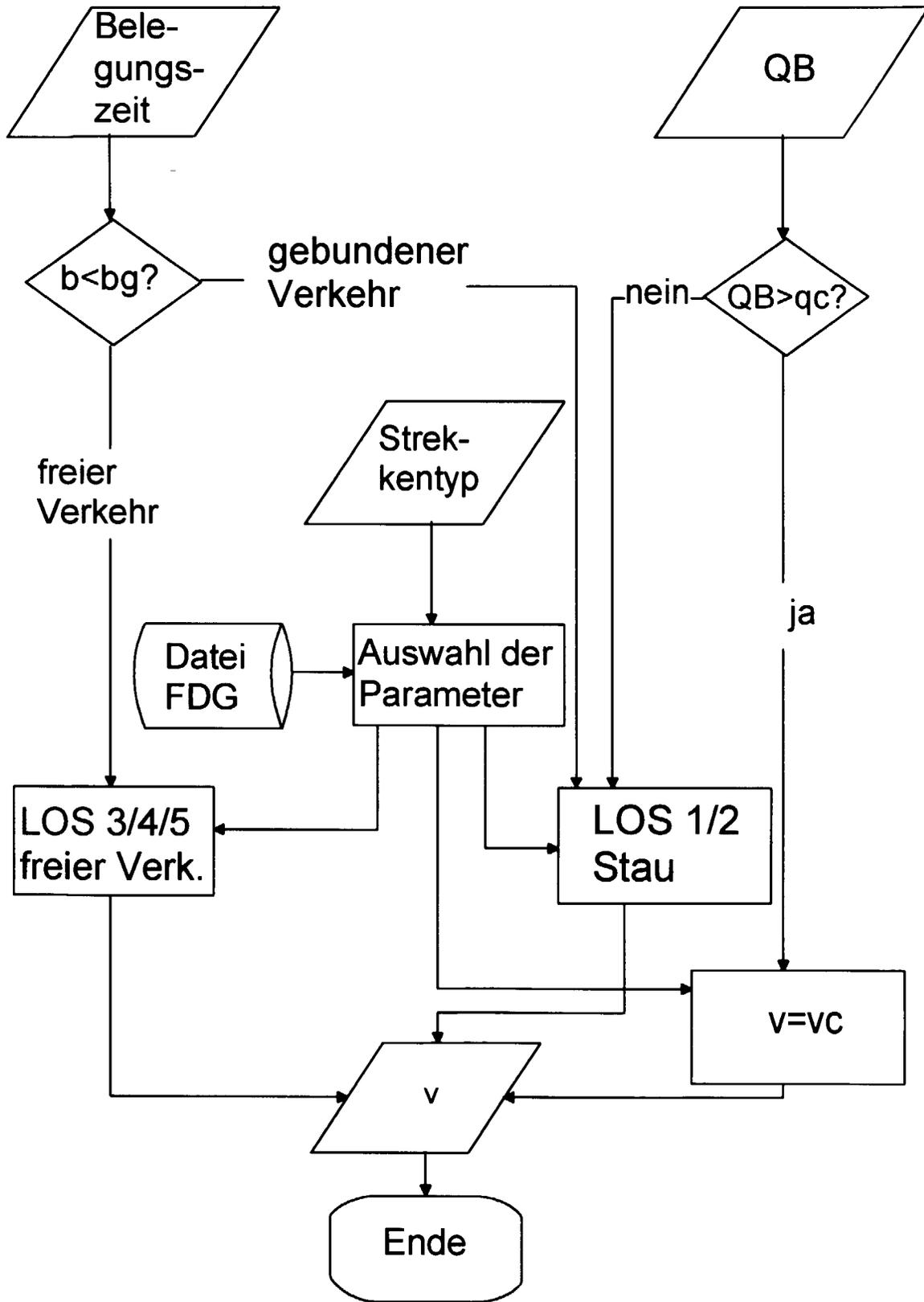


FIG 7



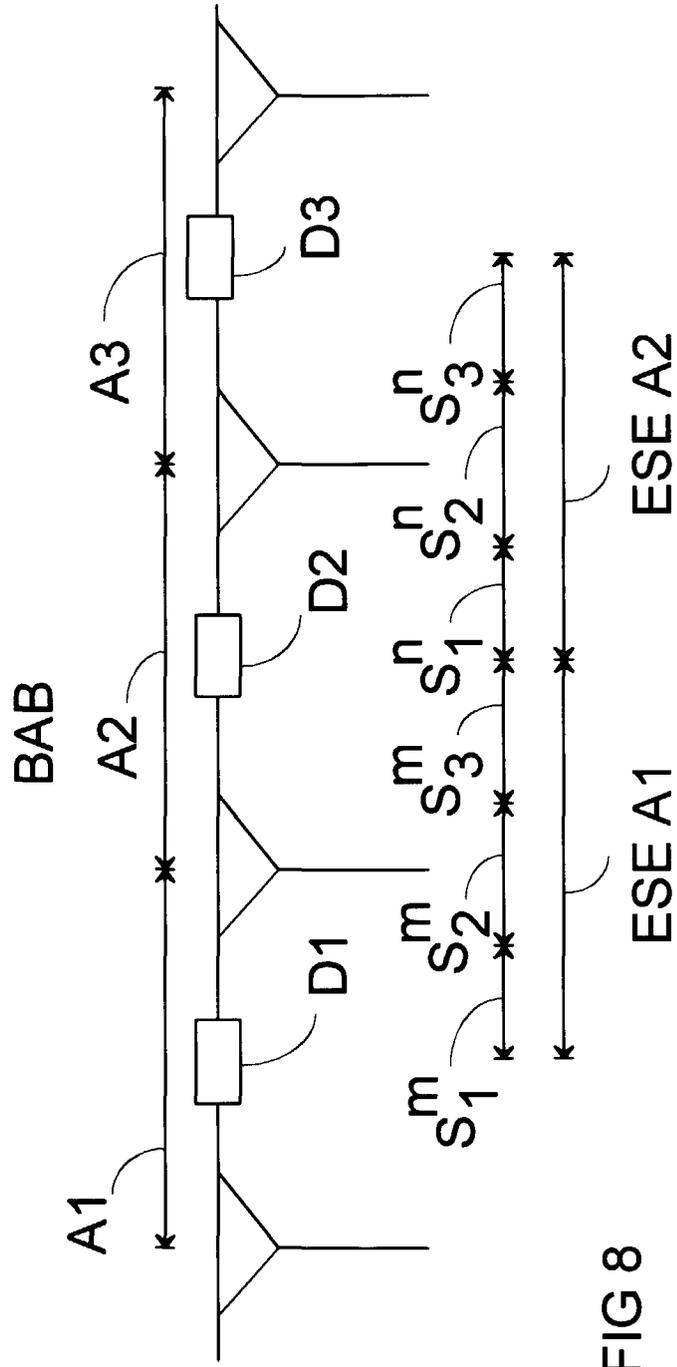


FIG 8

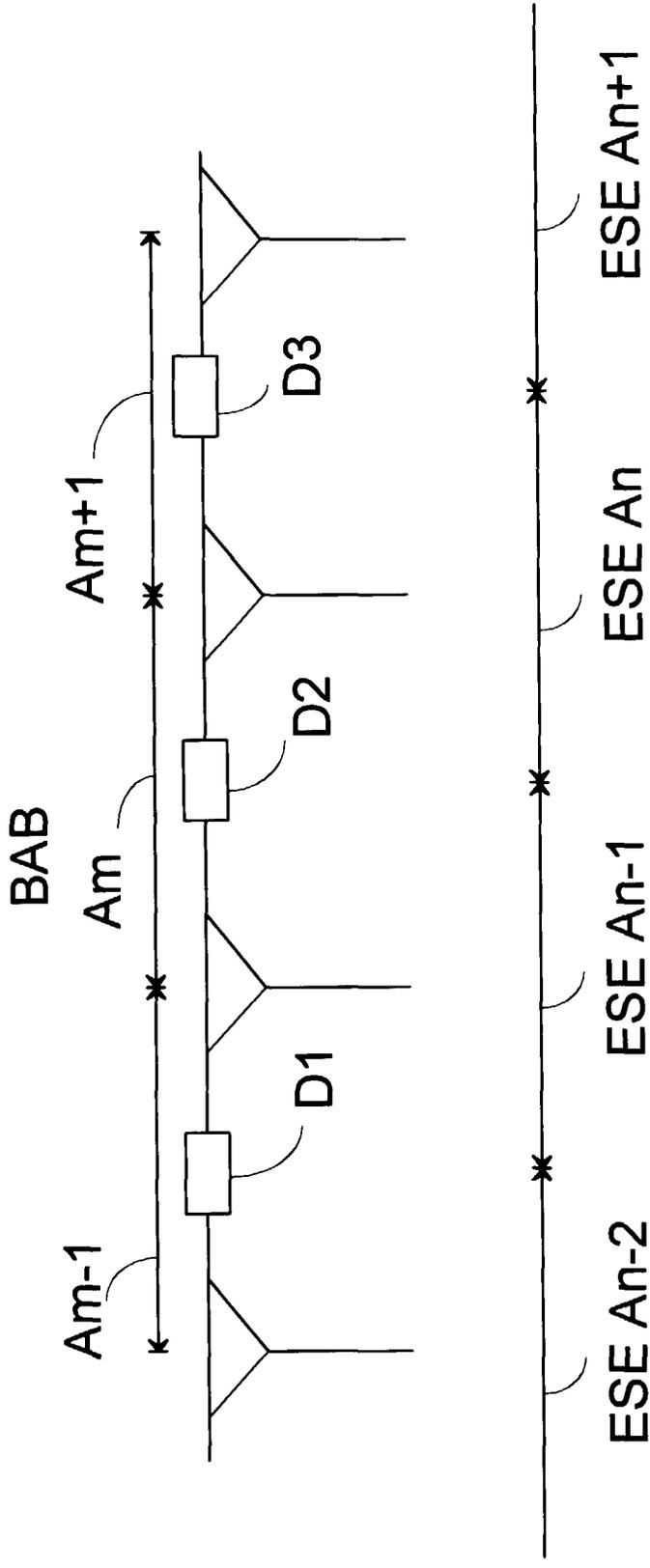


FIG 9