

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 0 902 405 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
12.05.2004 Patentblatt 2004/20

(51) Int Cl.⁷: **G08G 1/01**

(21) Anmeldenummer: **98117164.8**

(22) Anmeldetag: **10.09.1998**

(54) Verfahren zur Ermittlung von Verkehrsinformationen

Method for determining traffic information

Procédé d'investigation d'information sur le trafic

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE

(30) Priorität: **11.09.1997 DE 19739918**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
17.03.1999 Patentblatt 1999/11

(73) Patentinhaber: **SIEMENS
AKTIENGESELLSCHAFT
80333 München (DE)**

(72) Erfinder:

- **Sachse, Thomas
83607 Holzkirchen (DE)**
- **Busch, Fritz, Dr.
86415 Mering (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:

EP-A- 0 740 280 US-A- 5 610 821

- **RITTICH D ET AL: "PERSPEKTIVEN DER
VERKEHRSLEITTECHNIK"
NACHRICHTENTECHNISCHE
BERICHTE, DE, ANT NACHRICHTENTECHNIK
GMB. BACKNANG, Nr. 9, 1. April 1992
(1992-04-01), Seiten 111-119, XP000331875**
- **SADAO TAKABA ET AL: "ESTIMATION AND
MEASUREMENT OF TRAVEL TIME BY VEHICLE
DETECTORS AND LICENSE PLATE READERS"
PROCEEDINGS OF THE VEHICLE NAVIGATION
AND INFORMATION SYSTEMS
CONFERENCE, US, NEW YORK, IEEE, Bd., 1991,
Seiten 257-267, XP000348211 ISBN:
0-7803-0488-8**

EP 0 902 405 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ermittlung von auf Straßenstrecken, insbesondere Autobahnen bezogenen 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.

[0003] Beispielsweise ist in der EP 0 256 483 A1 ein Verkehrsleit- und Informationssystem offenbart, welches unter Verwendung ortsfester Leitbaken und in Fahrzeugen angeordneter 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 Verkehrsichte 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 Verkehrsichte, 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, 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, bezogenen 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.

[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 Verkehrserwartungsschätz-

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 Meßwerte 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 Trendfaktormittlungen 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 Störzustand kann die Übertragungsdichte erhöht werden. Dabei werden die Datenübertragungsraten benachbarter Erfassungsquerschnitte aufeinander abgeglichen.

[0016] Die Meßwerte können fahrsurenbezogen 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, Verkehrsschlüsselprognosen, Stuanzeigen 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 netzumfassendes, 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 Reiseschwindigkeit und Verkehrsdichte k . Weiterhin ist vorgesehen, daß das Berechnungsverfahren geringer Komplexität zusätzlich eine Staustörmeldung ausgibt. Ein wie beschriebenes Verfahren benötigt nur ein Minimum an Eingangsda-

ten 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] 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.

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

[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.

[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,
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
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
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.

[0029] Folgende Ergebnisse werden ermittelt:

45 Stufe 1:

[0030]

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

Stufe 2:

[0031]

- streckenbezogene Reisegeschwindigkeitsklassen unter Einbeziehung von Fundamentaldiagrammen
- Verkehrsstromaufteilung an Knoten mit verbesserter Aussage der Verkehrssituation

EP 0 902 405 B1

- Stau am Meßquerschnitt
- Unruhe im Verkehrsablauf
- Verkehrslage, einfach

5 **Stufe 3:**

[0032]

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

[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.

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

20 [0034] Im folgenden wird das Datenpaket vom Aggregationsmodul beschrieben :

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

25 pro Minute folgender Block:

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 :

[0036] Parameter der lokalen Aggregationsmodule:

V_max_P [km/h]
V_max_L [km/h]

	L_PL	[dm]
	Q_max_Spur	[Fz/h]
5	Z_Pulk	[s]
	DV_Pulk	[km/h]
	V_frei	[km/h]
	B_frei	[%]
	B_Stau	[%]
10	DT	[s]
	Alpha	[-]
	Beta	[-]
	Q1	[Fz/h]
15	Q2	[Fz/h]
	Q_max_Voll	[Fz/h]
	B1	[%]
	B2	[%]

20 Variablen

[0037]

25	q	fahrstreifenbezogene Verkehrsstärke
	Q	richtungsbezogene Verkehrsstärke
	v	fahrstreifenbezogene mittlere Geschwindigkeit
	V	richtungsbezogene mittlere Geschwindigkeit
	b	fahrstreifenbezogener Belegungsgrad
30	B	richtungsbezogener Belegungsgrad
	k	fahrstreifenbezogene Verkehrsdichte
	K	richtungsbezogene Verkehrsdichte (Mittelwert) pro Spur
	σ_v	fahrstreifenbez. Standardabweichung der Geschwindig.
	S_v	richtungsbezogene Standardabweichung der Geschwindig.
35	dx_{MQ-MQ}	Abschnittslänge zwischen Meßquerschnitten (Berechnung, sowie Eingaben)
	dx_{AS-AS}	Abschnittslänge zwischen Anschlußstellen (Berechnung, sowie Eingaben)
	f	Verkehrsbeziehung

Indizes

[0038]

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

55 [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 fahrstreifenbezogenen Größen.

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

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

EP 0 902 405 B1

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

und die Berechnung der richtungsbezogenen Kenngrößen Verkehrsstärke:

5

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

[0042] Mittlere lokale Geschwindigkeit:

10

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

15

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

20

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

25

[0043] Mittlere momentane Geschwindigkeit

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

30

[0044] Verkehrsdichte pro Fahrtrichtung

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

35

[0045] Belegung pro Fahrtrichtung

40

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

[0046] Standardabweichung pro Fahrtrichtung

45

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

50

mit der mittleren lokalen fahrstreifenbezogenen Geschwindigkeit

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

5

- [0047] Die Standardabweichung gibt die Schwankungsbreite der Geschwindigkeit wieder.
 [0048] Dann erfolgt die Hochrechnung von Einspurerfassung auf Querschnitt 3 Fahrstreifen.

Verkehrsstärke

10

[0049]

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

15

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

20

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

Geschwindigkeit

[0050] Fahrstreifenbezogene Verkehrsstärke in [Fz/min]

25

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

30

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

35

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

40

- [0051] 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

45

Verkehrsstärke

[0052]

50

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

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

55

Geschwindigkeit

[0053]

5 $\Delta v = -\frac{6}{400} \cdot Q_{Fz} + 60 \quad Q \leq 4000$

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

10

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

15

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

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

[0054] Annahme der Normalverteilung der Geschwindigkeiten

20 $v_{max,lok} = \max(v_{Fz,lok}^i + 1,96 \cdot \sigma_v^i) \quad i=li,mi,re$

[0055] Die Rückrechnung der fahrstreifenbezogenen Reisegeschwindigkeit aus der querschnittsbezogenen Reisegeschwindigkeit kann ebenfalls benutzt werden.

25 **[0056]** 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

30

[0057] Im folgenden werden die Berechnungsverfahren erläutert.

Stufe 1:

35 Konzept

[0058]

- Reisegeschwindigkeit im Streckenabschnitt:

40 harmonisches Mittel der lokalen Geschwindigkeiten Reisegeschwindigkeit in Knoten:

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

- Reisezeitband aus Geschwindigkeitsklasse und Abschnittslänge
- Verkehrsichte Streckenabschnitt:

50 Verkehrsstärke stromauf durch Reisegeschwindigkeit (Abgleich mit lokalen Verkehrsichten, Plausibilitätsgrenzen)

- Verkehrsichte in Knoten:

55

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

Eingabe :

[0059]

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

Berechnung:

Fall1:

10 **[0060]** 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.

[0061] Die Reisegeschwindigkeit im Abschnitt wird in erster Näherung aus der lokalen richtungsbezogenen mittleren Geschwindigkeit der Fahrzeuge errechnet.

15
$$\bar{V}_{Fz,mom} = 0,974 \cdot \bar{V}_{Fz,lok} .$$

20 **[0062]** Die Standardabweichung der momentanen Geschwindigkeit wird gleich der Standardabweichung der lokalen Geschwindigkeit angenommen.

[0063] Verkehrsstärke ist die richtungsbezogene Verkehrsstärke Q

Verkehrsichte ist die richtungsbezogene Dichte K pro Fahrstreifen

25 Reisezeit

[0064] Bestimmung der normierten Reisezeit (pro km) im Abschnitt

30
$$t_R = \frac{1}{\bar{V}_{Fz,mom}} \cdot 60 \text{ [min/km]}$$

Reisezeitband

35 **[0065]** Das Reisezeitband gibt die Bandbreite der Reisezeit an, die sich aus der Standardabweichung der Geschwindigkeit errechnet.

40
$$\Delta t_R = \pm \frac{1}{S_v} \cdot 60 \text{ [min/km]}$$

Fall 2:

45 **[0066]** 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.

[0067] Reisegeschwindigkeit im Abschnitt ist das arithmetische Mittel aus den mittleren momentanen Geschwindigkeiten der m Meßquerschnitte im Abschnitt.

50
$$\bar{V}_{Fz,mom} = \frac{1}{m} \cdot \sum_{i=1}^m \bar{V}_{Fz,mom}^i \quad [\text{km / h}]$$

55 Standardabweichung der Geschwindigkeit

[0068] Die Standardabweichung ergibt sich aus den n Standardabweichungen der zu berücksichtigenden Meßquerschnitte.

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

mit der mittleren Geschwindigkeit über alle betrachteten Meßquerschnitte

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

[0069] Verkehrsstärke im Abschnitt ist das arithmetische Mittel der lokalen richtungsbezogenen Verkehrsstärken der m Meßquerschnitte im Abschnitt

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

Verkehrsdichte

[0070]

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

Reisezeit

[0071] Bestimmung der normierten Reisezeit (pro km) im Abschnitt

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

[0072] Das Reisezeitband errechnet sich wie in Fall 1.

Fall 3:

[0073] 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.

[0074] Reisegeschwindigkeit im Abschnitt ist das arithmetische Mittel aus den mittleren Geschwindigkeiten der benachbarten Abschnitte

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

[0075] Die Standardabweichung der Geschwindigkeit errechnet sich wie in Fall 1.

[0076] Verkehrsstärke im Abschnitt ist das arithmetische Mittel der lokalen richtungsbezogenen Verkehrsstärken der

EP 0 902 405 B1

m umliegenden Meßquerschnitte

$$5 \quad Q_{Fz} = \frac{1}{m} \cdot \sum_{i=1}^m Q_{Fz}^i \quad [Fz/min]$$

Verkehrsdichte

10 [0077]

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

15 Reisezeit

[0078] Bestimmung der normierten Reisezeit (pro km) im Abschnitt

$$20 \quad t_R = \frac{1}{\bar{V}_{Fz,mom}} \cdot 60 \quad [\text{min}/\text{km}]$$

[0079] Das Reisezeitband errechnet sich wie in Fall 1.

25 Fall 4:

[0080] In Fig.5 ist Fall 4 dargestellt, wobei zwei Detektoren D1 und D2 jeweils in den Abschnitten A1 und A2 angeordnet sind.

30 [0081] 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 :

35 [0082]

Richtungsbezogene Größen pro Abschnitt

Verkehrsstärke

Reisegeschwindigkeit

40 Verkehrsdichte

Reisezeit

- Ermittlung Bemessungsverkehrsstärke QB aus Q_{Pkw} , Q_{Lkw} , V_{Pkw} , V_{Lkw}
- 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

Stufe 2:

50 Konzept

[0083] Richtungsbezogene Verkehrsdaten: Q_{Fz} , V_{Fz} , K_{Fz} , S_v

55

Berechnung:

[0084]

5 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:

10

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

wobei

15

$$Z_{neu} = \alpha \cdot Z_{mess} + (1 - \alpha) Z_{alt}$$

$$\Delta Z_{neu} = \beta (Z_{mess} - Z_{alt}) + (1 - \beta) \Delta Z_{alt}$$

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

[0085] Die Glättungsparameter sind einstellbar.

25

$$\text{Voreingestellt: } \alpha = 0,2 \quad \beta = 0,1$$

[0086] Berechnung der Bemessungsverkehrsstärke für den Querschnitt. Die Prognoseverkehrsstärken für Pkw und Lkw werden mit Hilfe eines Äquivalenzfaktors f_L in eine Pkw-Einheiten-Verkehrsstärke Q_B umgerechnet, die als Bemessungsverkehrsstärke herangezogen wird. Es gilt:

30

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

35

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

[0087] Die Parameter k_1 und k_2 sind justierbar. Erstversorgung:

40

$$k_1 = 2,0$$

45

$$k_2 = 0,01$$

Fall 1:

[0088] Der Fall 1 bezieht sich auf die in Fig. 3 dargestellte Situation.

[0089] Bestimmung von Q_B für jeden MQ

50 arithmetisches Mittel der Werte von Q_B im Abschnitt

Fall 2:

[0090] Der Fall 2 bezieht sich auf die in Fig. 4 dargestellte Situation.

55 arithmetisches Mittel der Q_B der benachbarten MQ

EP 0 902 405 B1

Staudetektion

[0091] Stau an einem Meßquerschnitt wird erkannt, wenn die Prognosegeschwindigkeit auf der Hauptfahrbahn:

5 $V_{Q,\text{prog}} < V_{\text{Stau}}$

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

10 d.h.:

$$|V_{Q_P,\text{prog}} - V_{Q_L,\text{prog}}| \leq V_{\text{Diff}}$$

15 sowie

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

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

Voreingestellt:

[0092]

25

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

30 $V_{\text{Diff}} = 25 \text{ km/h}$

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

35 [0093] 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

[0094] 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 B1

[0095] Die Grenzwerte S_{grenz} , Q_{grenz} und $Q_{prog,grenz}$ sind justierbar. Voreingestellt:

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

5

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

10

$$Q_{prog,grenz} = 2000 \text{ Fz/h (2streifiger Bereich)}$$

$$= 3000 \text{ Fz/h (3streifiger Bereich)}$$

[0096] Schätzung der Aufteilungsverhältnisse am Knoten mit einem Verfahren nach FURNESS

15

Beschreibung:

[0097] Das Modul führt eine iterative Berechnung der Matrixelemente auf Grund der Vorgabe einer Vorgewichtung und der Matrixzeilen- und -spaltensummen durch. FURNESS (1965)

20

Algorithmen:

[0098] Vereinfachung der allgemeinen Entropieformel für Knotenpunkte (keine Vorgaben von Strecken)

25

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

[0099] Iterative Berechnung der Ausgleichsfaktoren X_k und X_l nach einer beliebigen Initialisierung eines dieser Faktoren

30

$$X_k = \frac{Q_k}{\sum_k X_i \cdot w_{ki}}$$

35

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

40

Definitionen:

45

[0100] Input:

50

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

siehe Anhang

55

n_k	int	Anzahl der Matrixzeilen
n_l	int	Anzahl der Matrixspalten

EP 0 902 405 B1

Parameter:

[0101]

5	iter	int	Anzahl der Iterationsschritte
---	------	-----	-------------------------------

Variablen:

[0102]

10	x _k _k	double Ausgleichsfaktoren
	x _l _l	double Ausgleichsfaktoren

15 Hilfsvariablen:

[0103]

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

25 Output:

[0104]

30	f _{kl}	int	ausgeglichene Matrix der Verkehrsstärken
----	-----------------	-----	--

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

```

```

        endif
    endif
5   end do

    end do

10
    do k=1,n_k
        do l=n_k+1,n_k+n_l
            f(k,l) = w(k,l)*xk(k)*xl(l) ! Ausgegl. Matrix
15   end do
    end do

```

20 Berechnung von fehlenden Querschnittsbelastungen

25 [0105] 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.

Standardganglinien

30 [0106] Nutzung von Standardganglinien für die fiktiven Meßquerschnitte. Die Standardganglinien müssen vorgehalten werden. In Abhängigkeit von der Uhrzeit ist der zugehörige Wert zu entnehmen.

Aufteilungsraten f

35 [0107] 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 .

$$Q_A = f_A \cdot Q_H$$

40 Bestimmung der Reisegeschwindigkeit

[0108] 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.

[0109] 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.

[0110] Das FDG (Geschwindigkeit-Verkehrsstärke-Diagramm) wird über 5 Stützstellen ($q; v$) beschrieben

50
 0: (0; v_0)
 A: ($q_A; v_A$)
 B: ($q_B; v_B$)
 C: ($q_C; v_C$)
 55 D: ($q_D; 0,5v_C$)

[0111] In Fig.6 ist das FDG dargestellt.

[0112] Die Eckdaten der einzelnen Fundamentaldiagramme sind im Anhang aufgeführt. Das Bezugsintervall ist 1

Minute.

*Streckentyp

5 **[0113]**

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

Vorgehen:

15 **[0114]** In Fig.7 ist das Vorgehen in einem Struktogramm dargestellt.

[0115] Die Standardabweichung der Geschwindigkeit und somit das Reisezeitband ergeben sich entsprechend Kapitel 6.

Ausgabe:

20 **[0116]**

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

Stufe 3:

30 Konzept

[0117]

- 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 vorliegbar)
- Ermittlung der Verkehrssituationen, inklusive Störfall in Streckenabschnitten

Eingabe:

40

[0118]

Richtungsbezogene Verkehrsdaten der Meßquerschnitte: Q_{FZ}, V_{FZ}, S_v

45 Berechnung:

[0119] Schätzung der Aufteilungsverhältnisse am Knoten wie in Stufe 2.

[0120] 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 im Abschnitt gemacht.

[0121] 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.

55

Zuordnungsvorschrift

[0122] In Fig.8 ist eine Bundesautobahn BAB dargestellt, die in 3 Abschnitte A1, A2 und A3 mit jeweils einem Detektor

EP 0 902 405 B1

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 dem 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.

5

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

Segmentbezogene Daten

10 [0123]

Verkehrsstärke im Segment ist die errechnete Verkehrsstärke des Anfangsquerschnitts des Segments

Geschwindigkeit im Segment ist die errechnete Geschwindigkeit des Anfangsquerschnitts des Segments

15

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

Verkehrsstärke

20

[0124]

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

Geschwindigkeit

30 [0125]

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

35

Verkehrsdichte

40 [0126]

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

45

[0127] Die Standardabweichung der Geschwindigkeit und somit das Reisezeitband ergeben sich entsprechend Kapitel 6.

50

Ermittlung der Verkehrssituation

[0128] 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.

55

[0129] In Fig.9 ist die Anpassung der BAB-Abschnitte Am-1, Am und Am+1 und der ESE-Abschnitte ESE-An-2, ESE An-1, ESE An, ESE An+1 dargestellt.

Situation S1: Verkehrstechnischer Engpaß

[0130] 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.

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				

Situation S2 : Störung an einem baulichen Engpaß

[0131] 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.

Situation S3 : Verdichtung

[0132] Hierbei handelt es sich um die bereichsweise Verdichtung in einem Abschnitt.

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}				

Situation S4 : Einwandernder Stau

[0133] 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.

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

Situation S5 : Zugestauter Abschnitt

[0134] Ein Abschnitt ist dann zugestaut, wenn die Verkehrsfläche im gesamten Abschnitt eine definierte Größe überschreitet und die Geschwindigkeit an den beiden Abschnittsgrenzen eine definierte Größe unterschreitet.

EP 0 902 405 B1

ESE A _{n-1}	S5	S4	S5	S6
ESE A _n		S5	S5	S5
ESE A _{n+1}				

BAB A _{m-1}	S3	S5	S5	S6
BAB A _m	S3			
BAB A _{m+1}				

5

10

Situation S6 : Stockender Verkehr

[0135] Dieser bezeichnet Situationen mit Unruhe im Verkehrsablauf.

15

20

ESE A _{n-1}	S6	S3	S4	S5	S6
ESE A _n		S6	S6	S6	S6
ESE A _{n+1}					

BAB A _{m-1}	S6	S3	S6	S6	S6
BAB A _m	S6				
BAB A _{m+1}					

25

[0136]

Richtungsbezogene Größen

30

Reisegeschwindigkeit

Reisezeit

Fahrtenmatrix Knoten

ESE-Meldungen (Verkehrssituationen)

Wahrscheinlichkeit der Meldung

35

Baustellenversorgung

[0137] Eingabe von Baustellen und/oder Straßenarbeiten mit Einfluß auf die Anzahl der Fahrstreifen und den Verkehrsablauf.

40

Visualisierung der Reisegeschwindigkeit

[0138] Einteilung in 4 Klassen (Vgrenz: 20-60-90)

45

Visualisierung der Verkehrsdichte

[0139] Einteilung in 4 Klassen (Kgrenz: 30-60-90) für die Visualisierung

Verkehrstechnischer Meldungsblock

50

[0140] BABSY und ESE Meldungen

Betrieblicher Meldungsblock

[0141] 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.

Rohdaten der Detektoren

[0142]

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

pro Minute folgender Block:

10	spurbezogene Werte:		
15	Q_Pkw	[Fz/h]	Verkehrsstärke, Pkw
	Q_Lkw	[Fz/h]	Verkehrsstärke, Lkw
	Q_ges	[Fz/h]	Verkehrsstärke, Kfz
20	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

25	Detektorparameter		
	V_max_P	[km/h]	
	V_max_L	[km/h]	
30	L_PL	[dm]	

[0143] Eine off-line Auswertung greift auf die Rohdaten der Detektoren, auf die Ergebnisse der drei Stufenmodelle und auf die Parametrierungsdaten zurück.

[0144] Die beschriebenen Beispiele dienen der Erläuterung und sind nicht beschränkt.

- 35
- ### Patentansprüche
1. Verfahren zur Ermittlung von auf Straßenstrecken, insbesondere Autobahnen, bezogenen 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.
- 5 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.
- 10 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.
- 15 10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Berechnungsverfahren hoher Komplexität zusätzlich ein Verkehrssituationsstatussignal, wenigstens differenziert nach Frei/Kritisch/Stau ausgibt.
- 20 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.
- 25 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.
- 30 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 fahrspurenbezogen erfaßt werden.
- 35 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.
- 40 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.
- 45 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.
- 50 22. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Daten zur Ausgabe von Stauinformationen ausgewertet werden.

55

Claims

1. Method of acquiring traffic information items related to stretches of road, in particular motorways, wherein local

5 detection cross sections are formed by means of stationary detectors, traffic-related measured values are determined, preprocessed by means of local computers and normalized to a specified data protocol, aggregated and transmitted by wireless communication to a higher-order data processing system, **characterized in that** the transmitted data are processed in at least two redundant, mutually different and independent calculation methods for ascertaining route-related traffic information items.

2. Method according to Claim 1, **characterized in that** the transmitted data are preprocessed to create a standardized base data record.
- 10 3. Method according to either of the preceding claims, **characterized in that** the transmitted data are processed in two calculation methods of different complexity.
4. Method according to any one of the preceding claims, **characterized in that**, to preprocess the data, their plausibility is checked.
- 15 5. Method according to any one of the preceding claims, **characterized in that** one of the at least two calculation methods is a simple interpolation method of low complexity.
6. Method according to Claim 5, **characterized in that** input data of the calculation method of low complexity are vehicle speed v and traffic level q , and output data are traffic speed and traffic density k .
- 20 7. Method according to Claim 6, **characterized in that** the calculation method of low complexity additionally issues a traffic-jam obstruction message.
8. Method according to any one of the preceding claims, **characterized in that** one of the at least two calculation methods is a method of high complexity founded on data analysis on the basis of a fundamental diagram.
- 25 9. Method according to Claim 8, **characterized in that** input data of the calculation method of high complexity are vehicle speed v , traffic level q and occupancy b , and output data are a travel time related to traffic speed and traffic density k .
10. Method according to Claim 9, **characterized in that** the calculation method of high complexity additionally issues a traffic situation status signal that at least differentiates on the basis of free/critical/traffic jam.
- 30 11. Method according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the transmitted data are processed in at least a third, highly complex calculation method for an expanded situation detection.
12. Method according to Claim 11, **characterized in that** fuzzy logic is used in the highly complex calculation method.
- 35 13. Method according to any one of the preceding claims, **characterized in that** obstruction point parameters, such as roadworks, accidents and the like are inputted into the calculation methods.
14. Method according to any one of the preceding claims, **characterized in that** vehicle speed, traffic level and occupancy are determined as measured values.
- 40 15. Method according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the measured values per traffic lane are determined.
16. Method according to any one of the preceding claims, **characterized in that** vehicle type differentiation values are determined as measured values.
- 45 17. Method according to any one of the preceding claims, **characterized in that**, in the higher-level data processing system, traffic information items per stretch are calculated by combining the transmitted data of adjacent determination cross sections.
18. Method according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the route search data are evaluated.
- 50 19. Method according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the data are evaluated for the purpose

of issuing traffic guidance information items.

- 20. Method according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the data are evaluated for the purpose of delivering traffic development forecasts.
- 5 21. Method according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the data are evaluated for the purpose of issuing travel time information items.
- 10 22. Method according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the data are evaluated for the purpose of issuing traffic-jam information items.

Revendications

- 15 1. Procédé pour déterminer des informations de trafic se rapportant à des trajets routiers, notamment à des autoroutes, dans lequel on forme des sections de détection locales au moyen de détecteurs stationnaires, on détecte des valeurs mesurées se rapportant au trafic, on les prépare au moyen de calculateurs locaux, on les norme selon un protocole de données prédéterminé, on les regroupe et on les transmet via une transmission sans fil à une installation de traitement de données supérieure, **caractérisé par le fait qu'on traite les données transmises dans au moins deux procédés de calcul redondants, différents et indépendants l'un de l'autre, pour déterminer des informations de trafic se rapportant au trajet.**
- 20 2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé par le fait qu'on prépare les données transmises pour élaborer un bloc de données de base standard.**
- 25 3. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé par le fait qu'on traite les données transmises dans deux procédés de calcul de complexité différente.**
- 30 4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé par le fait que**, pour le traitement des données, on vérifie leur vraisemblance.
- 35 5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé par le fait que** l'un des deux ou plus procédés de calcul est un procédé d'interpolation simple de petite complexité.
- 40 6. Procédé selon la revendication 5, **caractérisé par le fait que** des données d'entrée du procédé de calcul de petite complexité sont la vitesse de véhicule v et l'intensité de trafic q et que des données de sortie sont une vitesse de croisière et la densité de trafic k .
- 45 7. Procédé selon la revendication 6, **caractérisé par le fait que** le procédé de calcul de petite complexité fournit en plus un message d'alerte d'embouteillage.
- 50 8. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé par le fait que** l'un des deux ou plus procédés de calcul est un procédé de grande complexité basé sur l'analyse de données à l'aide d'un diagramme fondamental.
- 55 9. Procédé selon la revendication 8, **caractérisé par le fait que** des données d'entrée du procédé de calcul de grande complexité sont la vitesse de véhicule v , l'intensité de trafic q et l'occupation b et qu'une donnée de sortie est une durée de trajet en fonction de la vitesse de croisière et de la densité de trafic k .
- 60 10. Procédé selon la revendication 9, **caractérisé par le fait que** le procédé de calcul de grande complexité fournit en plus un signal d'état de situation de trafic, au moins différencié selon libre / critique / embouteillage.
- 65 11. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé par le fait qu'on traite les données transmises dans au moins un troisième procédé de calcul très complexe pour une reconnaissance étendue de la situation.**
- 70 12. Procédé selon la revendication 11, **caractérisé par le fait qu'on utilise la logique floue dans le procédé de calcul très complexe.**
- 75 13. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé par le fait que**, dans les procédés de calcul,

on entre des paramètres de point de perturbation comme les travaux, les accidents et autres.

14. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé par le fait qu'on détecte comme valeurs mesurées une vitesse de véhicule, une intensité de trafic et une occupation.**

5 15. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé par le fait qu'on détecte les valeurs mesurées selon les files de circulation.**

10 16. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé par le fait qu'on détecte comme valeurs mesurées des valeurs de distinction de type de véhicule.**

15 17. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé par le fait que**, dans l'installation de traitement de données supérieure, on calcule des informations de trafic se rapportant au trajet en combinant les données transmises de sections de détection voisines.

18. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé par le fait qu'on évalue les données en vue d'une recherche d'itinéraire.**

20 19. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé par le fait qu'on évalue les données pour fournir des informations de gestion de trafic.**

20 20. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé par le fait qu'on évalue les données pour fournir des pronostics d'évolution de trafic.**

25 21. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé par le fait qu'on évalue les données pour fournir des informations de durée de trajet.**

30 22. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé par le fait qu'on évalue les données pour fournir des informations d'embouteillage.**

35

40

45

50

55

FIG 1

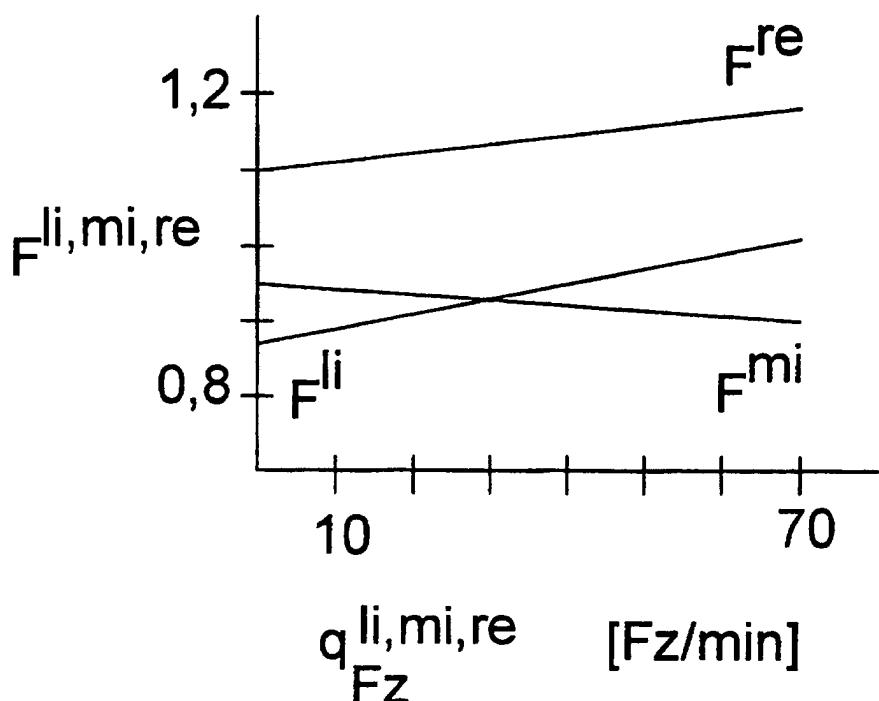


FIG 2

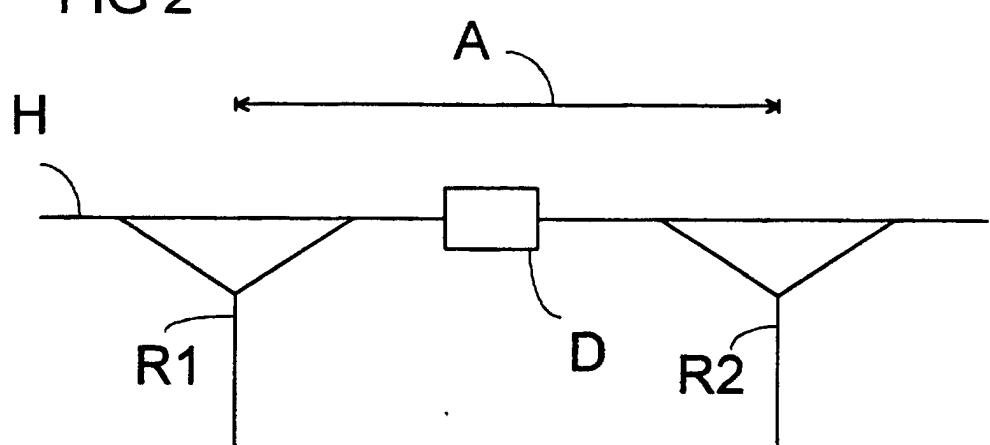


FIG 3

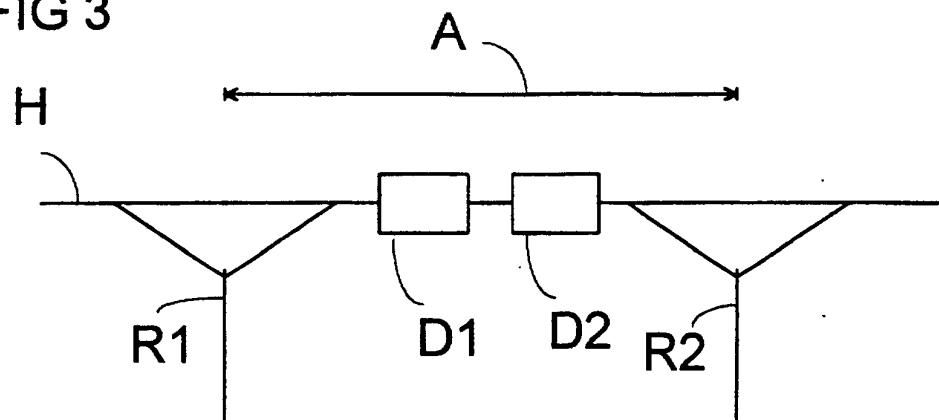
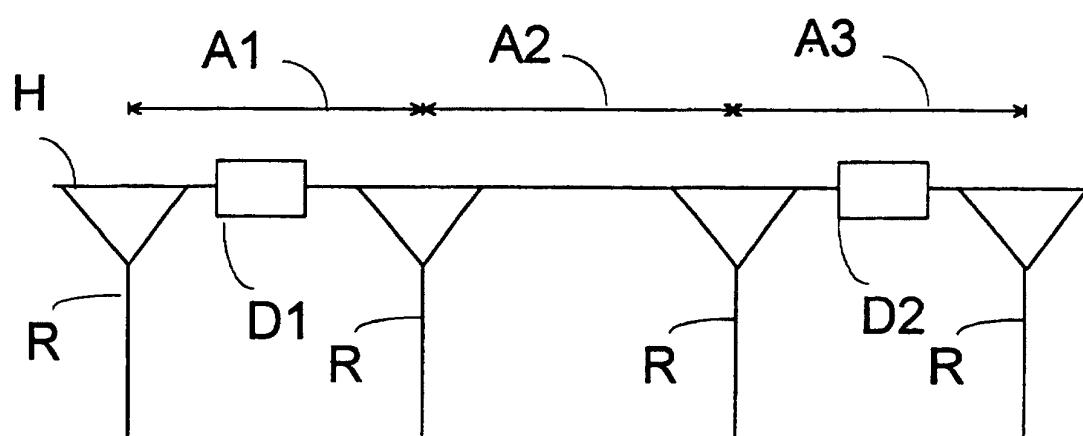


FIG 4



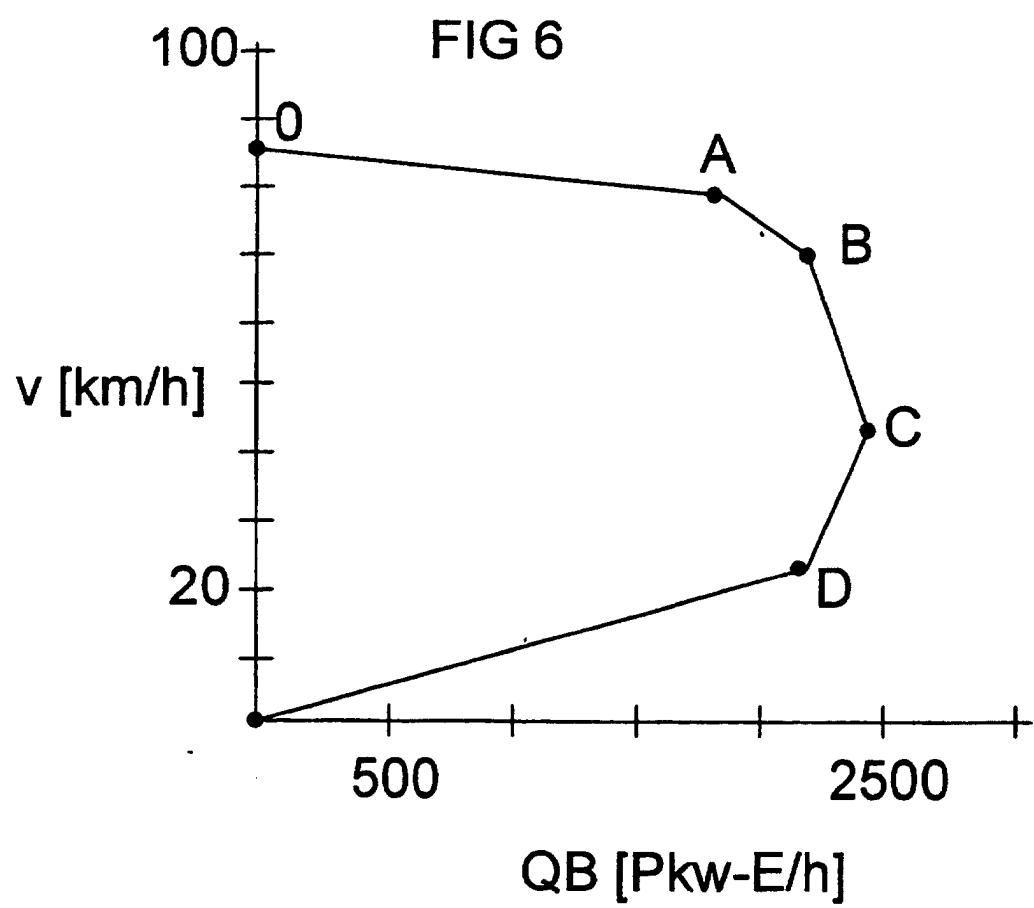
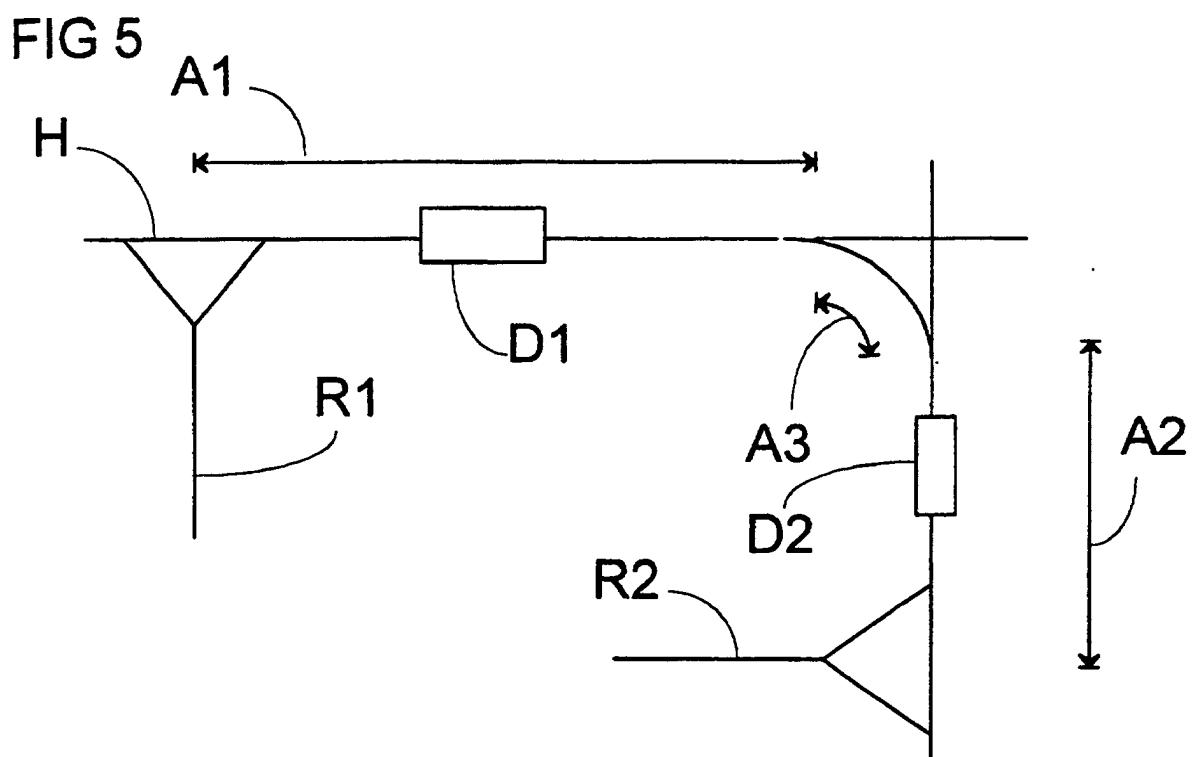
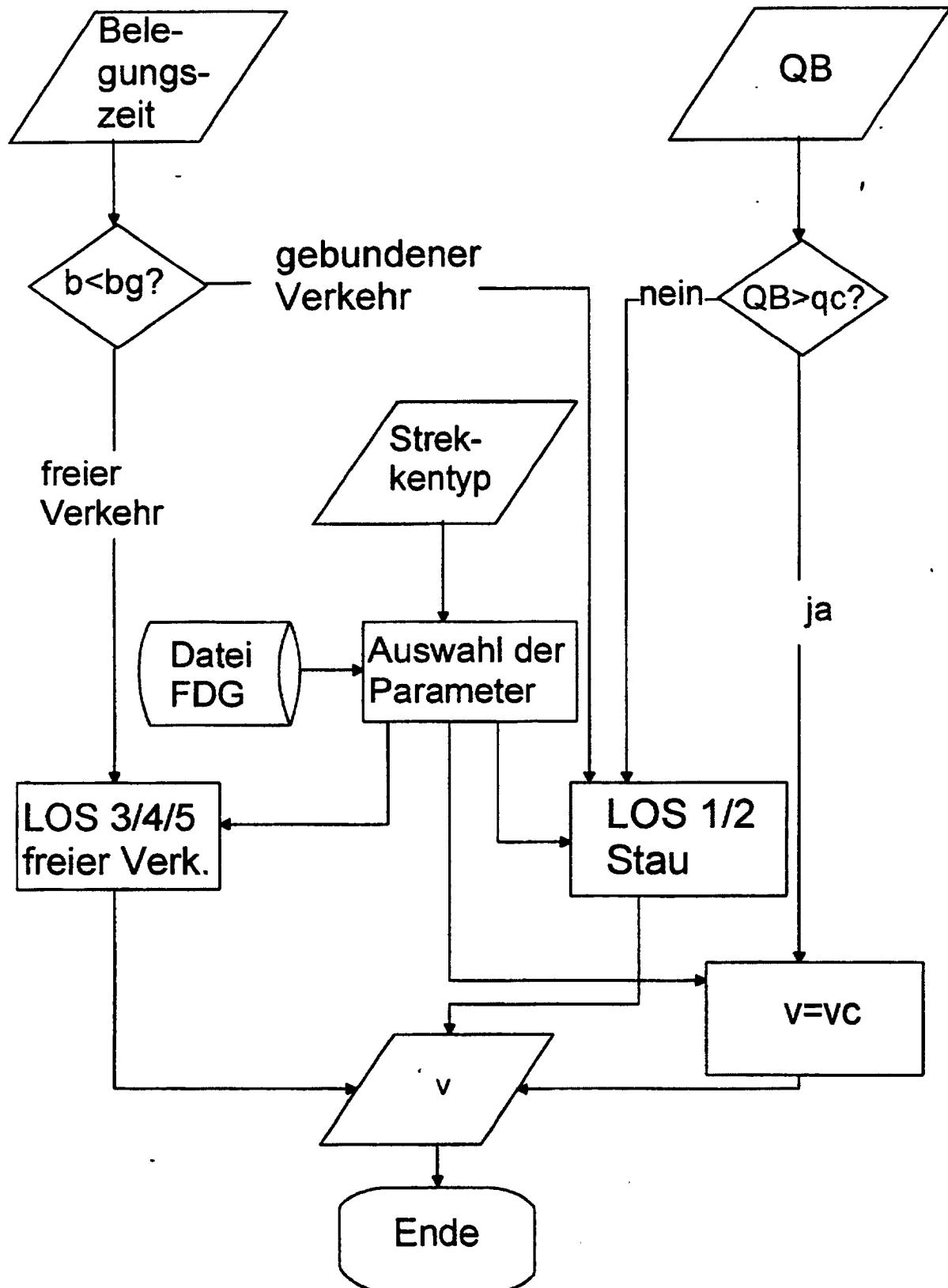


FIG 7



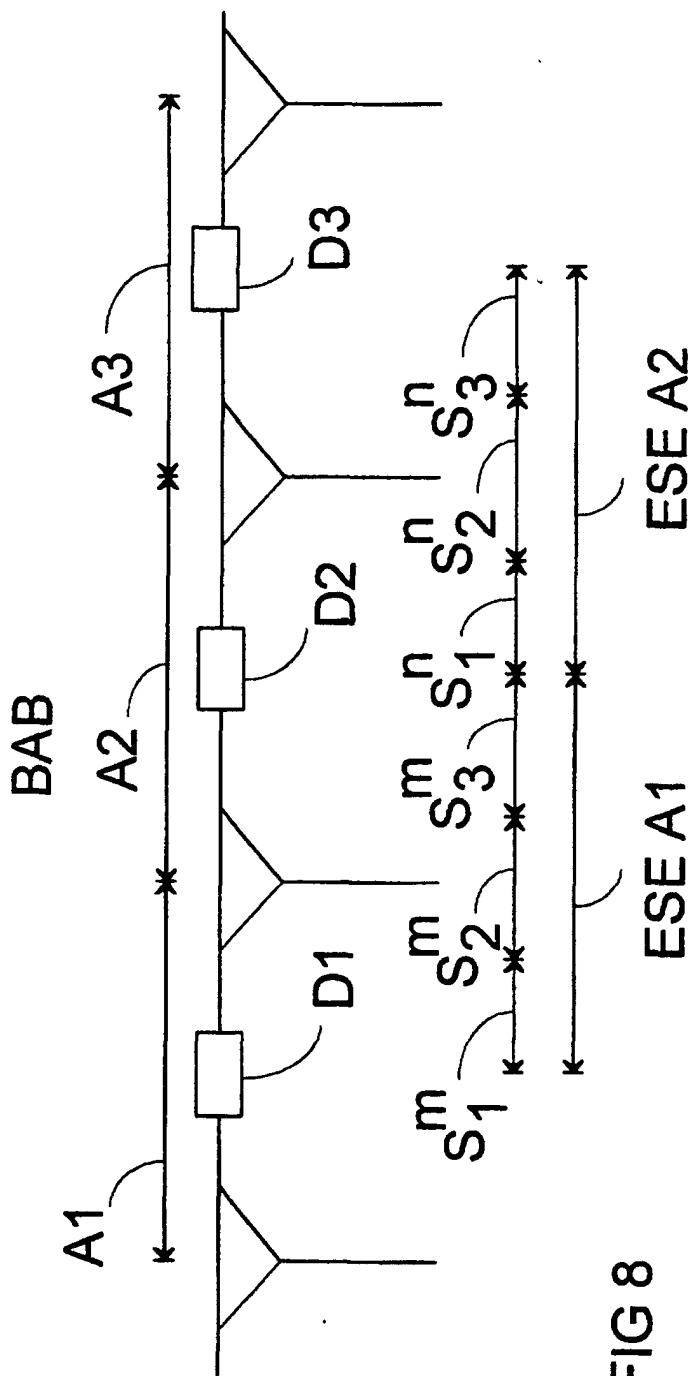


FIG 8

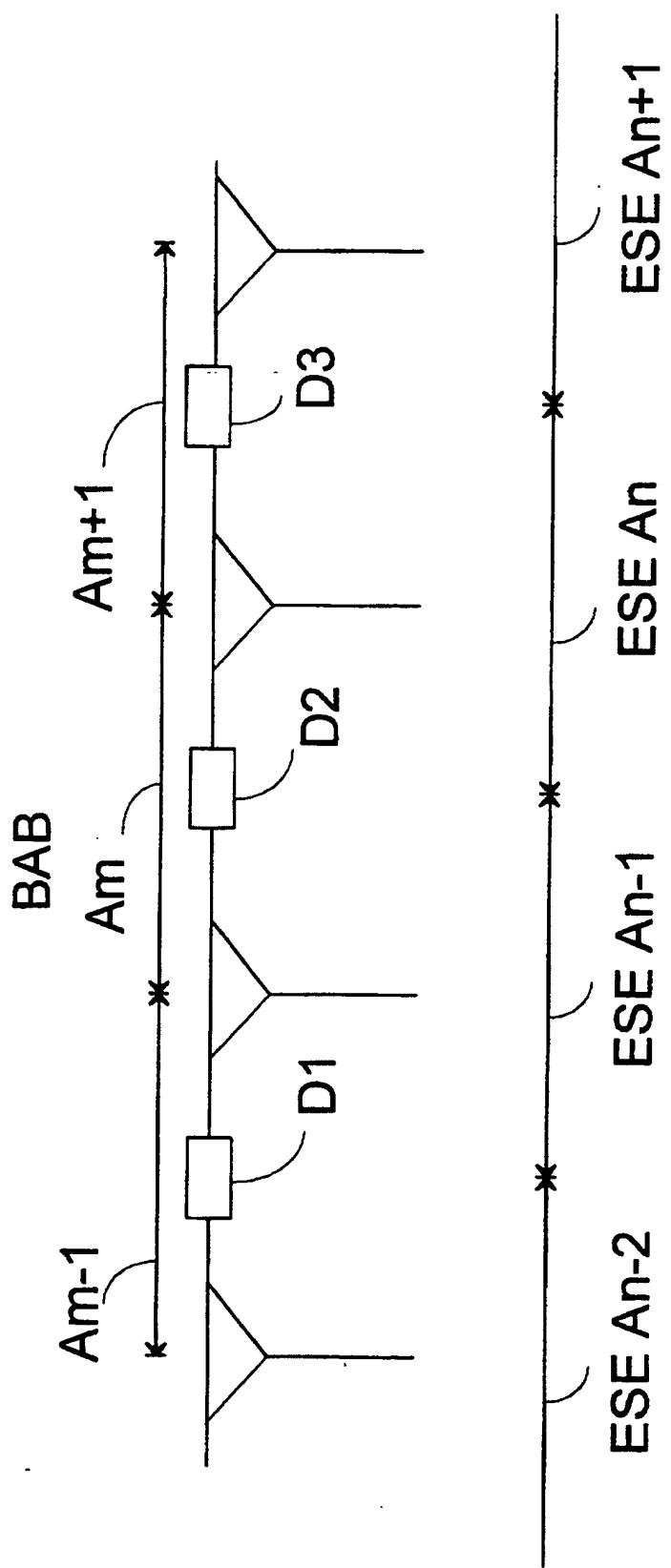


FIG 9