



(11)

EP 2 413 302 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
20.07.2016 Patentblatt 2016/29

(51) Int Cl.:
G08G 1/081 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **11450096.0**

(22) Anmeldetag: **29.07.2011**

(54) **Verfahren zur Verkehrsregelung eines Strassenzuges**

Method for traffic management of a tramway

Procédé de réglage de la circulation d'un tramway

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(30) Priorität: **29.07.2010 AT 12782010**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
01.02.2012 Patentblatt 2012/05

(73) Patentinhaber:
• **Kuhn, Andreas**
5440 Kuchl-Golling (AT)
• **Kuhn, Birgit**
5440 Kuchi-Golling (AT)

(72) Erfinder:
• **Kuhn, Andreas**
5440 Kuchl-Golling (AT)
• **Kuhn, Birgit**
5440 Kuchi-Golling (AT)

(74) Vertreter: **Gibler & Poth Patentanwälte KG**
Dorotheergasse 7/14
1010 Wien (AT)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A1- 4 436 339 DE-A1- 19 521 927
DE-A1-102008 050 822 US-A1- 2002 116 118

EP 2 413 302 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Verkehrsregelung eines Straßenzuges mit mehreren Kreuzungen, wobei zumindest zwei der Kreuzungen Signalanlagen zugeordnet sind, gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

[0002] Bekannte Signalanlagen einer Kreuzung dienen zur Regelung des Verkehrsflusses der Kreuzung, wobei die Signalanlagen vorzugsweise zur Ausbildung von Signalen, insbesondere zur Ausbildung von Lichtsignalen, ausgebildet sein können. Dazu können die Signalanlagen eine Signaleinrichtung umfassen, welche Signaleinrichtung in Abhängigkeit von Stellgrößen unterschiedliche Signale anzeigen kann. Bekannte Beispiele von Signalanlagen sind Ampeln. Es ist bekannt, die Signalanlagen nach vorbestimmten festen Zeitintervallen umzuschalten. Im Verlauf eines Straßenzuges befinden sich üblicherweise mehrere Kreuzungen, welchen Signalanlagen zugeordnet sind. Der Verkehrsfluss in dem Straßenzug kann durch die Koordinierung der Signalanlagen der einzelnen Kreuzungen verbessert werden. Beispielsweise kann erreicht werden, dass bei einer Fahrt mit einer vorgegebenen Geschwindigkeit sämtliche Signalanlagen erreicht werden, wenn sie auf Durchfahrt geschaltet sind. Dies wird oftmals als grüne Welle bezeichnet.

[0003] Aus der US 2002/116118 A1 ist ein regelbasiertes Verfahren zur Kontrolle eines Verkehrsnetzes bekannt.

[0004] Die DE 44 36 339 A1 beschreibt eine zweistufige Ampeisteuerung. Dabei werden zuerst mittels eines analytisch arbeitenden Preprozessors aus Messdaten von Sensoren Signale gewonnen, die dann in einem nachgeschalteten neuronalen Netzwerk bewertet werden.

[0005] Nachteilig dabei ist, dass es bei den bekannten Verfahren oftmals zu Staus kommen kann, weil nicht immer auf jede Verkehrssituation bestmöglich eingegangen wird und damit nur suboptimale Lösungen erzielt werden. Nachteilig dabei ist weiters, dass Fahrzeuge und/oder Fußgänger, insbesondere auf Nebenstraßen, oftmals unnötig lange auf eine Freigabe zum Passieren des Straßenzuges und/oder das Eintreten in den Straßenzug warten.

[0006] Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren der eingangs genannten Art anzugeben, bei dem die bekannten Nachteile vermieden werden, das auf einfache Weise in die Verkehrsregelung eines bestehenden Verkehrsnetzes integriert werden kann, mit dem eine gute Regelung des Straßenzuges für unterschiedliche Anforderungen zuverlässig sichergestellt werden kann, bei dem die erforderliche Rechenleistung und der erforderliche Datentransfer gering gehalten werden können, und das eine Verringerung des Schadstoffausstoßes im Bereich der Kreuzung gewährleisten kann.

[0007] Erfindungsgemäß wird dies durch die Merkmale des Patentanspruches 1 erreicht. Vorteilhaft dabei ist,

dass mit dem Verfahren variierende Vorgaben und Regelungsstrategien entsprechend dem vorgegebenen Bewertungskriterium berücksichtigt werden können. Dabei kann eine gute Performance bezüglich eines klar definierten Bewertungskriteriums sichergestellt werden, welche einfach objektiv überprüft werden kann. Weiters kann durch eine Beurteilung die Zweckmäßigkeit des Bewertungskriteriums überprüft und gegebenenfalls das Bewertungskriterium verändert werden. Durch die Auswahl des Bewertungskriteriums können unterschiedliche Strategien für die Regelung des Straßenzuges vorgegeben werden, wobei die Strategie einfach und schnell verändert und an die jeweilige Situation angepasst werden kann, wobei zum Strategiewechsel eine Veränderung des Bewertungskriteriums ausreichend ist. Weiters ist vorteilhaft, dass mit dem Verfahren mit geringem Aufwand an Rechenleistung und an Datentransfer die aktuelle Verkehrssituation ermittelt und bewertet werden kann, wobei ein einfaches, lokales Verkehrsmodell ausreicht. Derart kann sowohl eine besonders einfache und datenmengenschonende als auch eine an unterschiedlichste lokale und regionale Verkehrssituationen anpassbare Regelung des Straßenzuges gewährleistet werden. Die Regelung kann im Wesentlichen unmittelbar bei dem Straßenzug erfolgen, wobei bei einem Ausfall des Datentransfers mittels externer Schnittstellen die Regelung gegebenenfalls mit den letzten übermittelten Daten weiter geregelt werden kann, sodass trotz des Ausfalls eine gute Regelung des Verkehrsflusses bereitgestellt werden kann.

[0008] Vorteilhaft an dem Verfahren ist weiters, dass es auf einfache Weise in die Verkehrsregelung eines bestehenden Verkehrsnetzes integriert werden kann, insbesondere indem auch eine schrittweise Umstellung bzw. Erweiterung vorhandener Verkehrsregelungen auf einfache Weise realisierbar ist, dass bei dem Verfahren die erforderliche Rechenleistung gering gehalten werden kann und nur ein geringer Datentransfer erforderlich ist. Dabei weist das Verfahren eine geringe Störanfälligkeit auf. Weiters kann durch die Einbindung des Bewertungskriteriums beispielsweise eine Verringerung des Schadstoffausstoßes, insbesondere im Bereich des Straßenzuges, sichergestellt werden.

[0009] Die Unteransprüche, welche ebenso wie der Patentanspruch 1 gleichzeitig einen Teil der Beschreibung bilden, betreffen weitere vorteilhafte Ausgestaltungen des Verfahrens.

[0010] Die Erfindung betrifft weiters ein Computerprogrammprodukt, das direkt in den internen Speicher eines Computers geladen werden kann und Softwarecodeabschnitte umfasst, mit denen die Schritte des Verfahrens gemäß dem Patentanspruch oder der Unteransprüche ausgeführt werden, wenn das Computerprogrammprodukt auf einem Computer läuft.

[0011] Mittels eines Datenträgers mit diesem Computerprogrammprodukt kann das Verfahren einfach bereitgestellt werden.

[0012] Die Erfindung wird unter Bezugnahme auf die

beigeschlossenen Zeichnungen, in welchen lediglich bevorzugte Ausführungsformen beispielhaft dargestellt sind, näher beschrieben. Dabei zeigt:

Fig. 1 schematisch ein Blockschaltbild des Verfahrens einer vorteilhaften ersten Ausführungsform;
 Fig. 2 schematisch ein Blockschaltbild des Verfahrens einer vorteilhaften zweiten Ausführungsform;
 und
 Fig. 3 schematisch ein Blockschaltbild des Verfahrens einer vorteilhaften dritten Ausführungsform.

[0013] Die Fig. 1 bis 3 zeigen Ausführungsformen eines Verfahrens zur Regelung eines Straßenzuges mit mehreren Kreuzungen, wobei zumindest zwei der Kreuzungen Signalanlagen 1 zugeordnet sind, wobei wenigstens ein Eingangsparameter 10 einer Verkehrseinrichtung 2 übergeben wird, von der Verkehrseinrichtung 2 erste Verkehrsparameter 31 der aktuellen Verkehrssituation ermittelt werden, zumindest ein Bewertungskriterium 4 vorgegeben wird, die ersten Verkehrsparameter 31 und das zumindest eine Bewertungskriterium 4 einer Bewertungseinrichtung 6 übergeben werden, von der Bewertungseinrichtung 6 Stellgrößen 7 ermittelt werden und die Signalanlagen 1 mit den Stellgrößen 7 betrieben werden.

[0014] Dadurch ist gewährleistet, dass die Stellgrößen 7 in Abhängigkeit sowohl der aktuellen Verkehrssituation als auch des Bewertungskriteriums 4 ermittelt werden. Vorteilhaft an dem Verfahren ist, dass es auf einfache Weise in die Verkehrsregelung eines bestehenden Verkehrsnetzes integriert werden kann, insbesondere indem auch eine schrittweise Umstellung bzw. Erweiterung vorhandener Verkehrsregelungen auf einfache Weise realisierbar ist. Dabei können Regelgrößen der bestehenden Verkehrsregelung mittels des Bewertungskriteriums 4 in das Verfahren eingebunden werden. Weiters ist vorteilhaft, dass bei dem Verfahren die erforderliche Rechenleistung gering gehalten werden kann und nur ein geringer Datentransfer erforderlich ist, dass es eine geringe Störanfälligkeit aufweist, und dass durch die Einbindung des Bewertungskriteriums 4 eine Verringerung des Schadstoffausstoßes, beispielsweise des CO₂-Ausstoßes, insbesondere entlang von Hauptverkehrswegen, sichergestellt werden kann.

[0015] Die Kreuzung ist eine Verkehrskreuzung, bei der zumindest zwei Straßen aufeinandertreffen. An der Kreuzung können auch mehr als zwei Straßen aufeinandertreffen. Eine weitere Ausführungsform der Kreuzung betrifft einen Kreisverkehr.

[0016] Der Straßenzug ist ein Verkehrsstraßenzug, bei dem ein Fahrzeug von einem Ende des Straßenzuges bis zum anderen Ende des Straßenzuges fahren kann. Dabei kann der Straßenzug ein Teil einer Straße sein, es können aber auch mehrere Teile von Straßen zu einem Straßenzug zusammengefasst werden. Dabei bildet der Straßenzug eine im Wesentlichen linienförmige Verbindung zwischen seinen Enden. Bei einem Ringstra-

ßenzug können die Enden auch zusammenfallen.

[0017] Das Verfahren betrifft im Wesentlichen lediglich die Regelung des Straßenzuges, wobei das Bewertungskriterium 4 zumindest teilweise von einem hierarchisch übergeordneten Verfahren übergeben werden kann. Das hierarchisch übergeordnete Verfahren betrifft vorzugsweise ein dem Straßenzug hierarchisch übergeordnetes Element eines Verkehrsnetzes, beispielsweise einen Stadtteil oder ein Straßensystem mehrerer Straßen.

[0018] Sämtliche Verfahrensschritte werden für den Straßenzug durchgeführt, wobei die Stellgrößen 7 lediglich die Signalanlagen 1 des Straßenzuges betreffen.

[0019] Gegebenenfalls kann mittels einer Schnittstelle ein Datentransfer mit einem hierarchisch übergeordneten Verfahren erfolgen.

[0020] Die Signalanlage 1 kann zur Verkehrsregelung des Fußgänger- und/oder Fahrzeugverkehrs an der Kreuzung vorgesehen sein, wobei der Verkehr durch die Signalanlage 1 geregelt wird. In diesem Sinne ist die Kreuzung eine geregelte Kreuzung und die Signalanlage 1 gibt mittels Signalen vor, ob ein Passieren in vorbestimmter Art und Weise, beispielsweise ein Queren oder ein Abbiegen derzeit gestattet ist oder nicht.

[0021] In vorteilhafter Weise kann die Signalanlage 1 eine Lichtsignalanlage umfassen, wobei die Signale zumindest teilweise Lichtsignale sind. Die Lichtsignalanlage kann insbesondere als Ampel ausgebildet sein. Die Ampel kann insbesondere zumindest ein grünes, zumindest ein gelbes und zumindest ein rotes Lichtsignal umfassen, um anzuzeigen, ob das Passieren in der vorbestimmten Art und Weise gestattet ist oder nicht.

[0022] Andere Ausführungsformen der Signalanlage 1 umfassen optische Anzeigen, beispielsweise Informationstafeln, und/oder akustische Signalgeber, wie Lautsprecher oder Sirenen.

[0023] Bei wieder anderen Ausführungsformen umfasst die Signalanlage 1 eine Sendeeinheit. Dabei können Signale an die Verkehrsteilnehmer und/oder Fahrzeuge übertragen werden, wobei die Übertragung mittels Funk, WLAN, TMC oder andere Informationsübertragungsarten erfolgen kann. An den Verkehrsteilnehmer kann beispielsweise die Dauer bis zum nächsten Grün übertragen werden. Fußgänger können diese Signale mittels geeigneten Empfangsgeräten, beispielsweise Mobiltelefonen od. dgl., empfangen. In Fahrzeugen können unmittelbar geeignete Empfangsgeräte integriert sein.

[0024] Weitere Ausführungen der Signalanlagen 1 können bei Fußgängerübergängen außerhalb des Bereiches einer Kreuzung des Straßenzuges angeordnet sein. Weiters können Signalanlagen 1 bei Ein- und/oder Ausfahrten entlang des Straßenzuges angeordnet sein, beispielsweise bei Ein- und/oder Ausfahrten von Parkplätzen, Parkhäusern od. dgl..

[0025] Andere Ausführungsformen von Signalanlagen 1 können Hinweistafeln, Gebotstafeln und/oder Verbotsstafeln betreffen. Durch Hinweistafeln können die Verkehrsteilnehmer auf Besonderheiten der Verkehrssitua-

tion hingewiesen werden, wodurch das Verhalten der Verkehrsteilnehmer beeinflusst werden kann. Beispielsweise können die Hinweistafeln Informationen über die Parkplatzsituation, über Umleitungen, Staus oder andere verkehrsrelevante Informationen enthalten. Durch Gebotstafeln und Verbotstafeln kann der Verkehrsfluss unmittelbar und zwingend beeinflusst werden.

[0026] Es hat sich als vorteilhaft gezeigt, wenn die Signalanlagen 1, welche als Hinweistafeln, Gebotstafeln und/oder Verbotstafeln vorgesehen sind, eine veränderbare Anzeige aufweisen, sodass mit dem Verfahren eine Veränderung des Inhalts dieser Tafeln bewirkt werden kann.

[0027] Mit der Verkehrseinrichtung 2 wird die Verkehrssituation des Straßenzuges mittels eines Verkehrsmodells bestimmt, wobei die Verkehrseinrichtung 2 in Abhängigkeit des wenigstens einen Eingangsparameters 10 die ersten Verkehrsparameter 31 ermittelt.

[0028] Sofern lediglich eine geringe Anzahl an Eingangsparametern 10 berücksichtigt wird, kann eine analytische Darstellung des Verkehrsmodells der Verkehrseinrichtung 2 vorgesehen sein. Oftmals ist eine derartige Darstellung jedoch nicht zweckmäßig. Als günstig haben sich Machine-Learning-Modelle und/oder Pattern-Recognition-Modelle gezeigt, bei denen die Modelle anhand von Beispielen trainiert werden können und auf diese Weise auch bei komplexen Systemen eine schnelle und gute Ermittlung der ersten Verkehrsparameter 31 erreicht werden kann.

[0029] Machine-Learning-Modelle können beispielsweise künstliche neuronale Netze, Regression- oder Klassifikationsbäume, Support Vector Machines und/oder Look-Up-Tables und/oder Komitees von Machine-Learning-Modellen sein.

[0030] Werden mehrere Eingangsparameter 10 berücksichtigt, können diese zu einem Eingangsparametervektor zusammengefasst werden. Dabei können die Eingangsparameter 10 unterschiedliche Größen sein und beispielsweise mittels Sensoren gemessene Verkehrsflüsse in dem Straßenzug sein. Weiters können andere Verkehrsdaten herangezogen werden, beispielsweise von Sensoren an anderen Verkehrspunkten, die mit der Verkehrssituation in dem Straßenzug korrelieren. Die Verkehrssituation kann auch indirekt ermittelt werden, beispielsweise durch die Messung von Schadstoffemissionen.

[0031] Die Eingangsparameter 10 können verkehrsparameterabhängige Werte umfassen, welche unmittelbar von dem Verkehr abhängen, beispielsweise eine Verkehrsdichte. Weiters können die Eingangsparameter 10 verkehrsparameterunabhängige Werte umfassen, welche nicht von dem Verkehr abhängen. Dies schließt jedoch nicht aus, dass die Verkehrsparameter 31 von diesen Werten abhängen. Verkehrsparameterunabhängige Werte sind beispielsweise der Wochentag.

[0032] Weiters können die Eingangsparameter 10 Wetterdaten und/oder Kalenderdaten umfassen. So können beispielsweise der Pendlerverkehr, der Urlauberver-

kehr zu Ferienbeginn und/oder bei Schlechtwetter auf einfache Weise berücksichtigt werden.

[0033] Weiters können die Eingangsparameter 10 Daten über Veranstaltungen, beispielsweise Sportveranstaltungen, Messen oder Konzerte, umfassen, wodurch auch ein typischer Verkehr bei Großveranstaltungen berücksichtigt werden kann.

[0034] Es kann vorgesehen sein, dass mit der Verkehrseinrichtung 2 die Verkehrsparameter 31 aus Eingangsparametern 10 bestimmt werden, welche nicht unmittelbar die Verkehrsparameter 31 betreffen oder lediglich einen Teil der Verkehrsparameter 31 umfassen. Die oben angeführten Beispiele der Eingangsparameter 10 zeigen, dass es sich als nicht erforderlich erwiesen hat, Eingangsparameter 10 vorzusehen, aus denen die Verkehrsparameter 31 analytisch ermittelt werden können. Auf diese Weise kann der Messaufwand in dem Straßenzug gering gehalten werden und dennoch ein gutes Bild der Verkehrssituation gewonnen werden.

[0035] Vorzugsweise umfassen die Eingangsparameter 10 zumindest eine aktuell gemessene Größe, wobei sich diese Größe von den Verkehrsparametern 31 unterscheidet. Diese aktuell gemessene Größe kann insbesondere Wetterdaten, Zeitangaben und/oder Schadstoffemissionen umfassen.

[0036] Die aktuelle Verkehrssituation kann beispielsweise durch die Verkehrsflüsse in dem Straßenzug beschrieben werden, wobei diese Größen als erste Verkehrsparameter 31 vorgesehen sein können. Bei anderen Ausführungen können die ersten Verkehrsparameter 31 auch andere Werte wiedergeben, wobei auch mit diesen ersten Verkehrsparametern 31 die Verkehrsflüsse in dem Straßenzug ermittelt werden können. Beispielsweise können auch die Zu- und Abflüsse an Kreuzungen, Ein- und/oder Ausfahrten gewählt werden.

[0037] Ein besonders einfaches Verkehrsmodell der Verkehrseinrichtung 2 beschreibt in Abhängigkeit einer Uhrzeit und eines Tages die durchschnittlichen Verkehrsflüsse in dem Straßenzug. Als Eingangsparameter 10 werden dann zumindest die Uhrzeit und der Tag an die Verkehrseinrichtung 2 übermittelt, wobei von der Verkehrseinrichtung 2 die entsprechenden ersten Verkehrsparameter 31 ermittelt und an die Bewertungseinrichtung 6 übergeben werden. So können Berufsverkehr, morgendliche und abendliche Spitzen im Verkehrsaufkommen, insbesondere in eine Richtung gerichtete Spitzen im Verkehrsaufkommen berücksichtigt werden. Dabei können insbesondere Historienwerte des Straßenzuges für das Verkehrsmodell verwendet werden.

[0038] Die Genauigkeit dieses besonders einfachen Verkehrsmodells der Verkehrseinrichtung 2 kann erhöht und an die für den mittels des Verkehrsmodells abzubildenden Straßenzug besser angepasst werden, kann anstatt der Uhrzeit und des Tages oder zusätzlich zur Uhrzeit und zum Tag wenigstens ein anderer bzw. wenigstens ein weiterer Eingangsparameter 10 gewählt wird. Insbesondere kann vorgesehen sein, dass der wenigstens eine Eingangsparameter 10 Informationen über das

aktuelle Wetter umfasst. Derart können Regen, Schneefall, Sonne und dergleichen im Verkehrsmodell berücksichtigt werden, womit die durchschnittliche Fahrgeschwindigkeit, die Unfallhäufigkeit und/oder der Bremsweg der Verkehrsteilnehmer berücksichtigt werden kann. Die Wetterdaten können per Datentransfer an die Verkehrseinrichtung 2 übermittelt werden. Dabei können die Wetterdaten beispielsweise unmittelbar an der Signalanlage 1 ermittelt werden oder von Vorhersagestationen übernommen werden. Die Anzahl der Fahrzeuge im Straßenzug kann wenigstens einen des wenigstens einen Eingangsparameters 10 ausbilden, womit unmittelbar das aktuelle Verkehrsaufkommen ermittelt werden kann.

[0039] Die entlang einer Fahrspur auf dem Straßenzug fahrenden Fahrzeuge können zumindest einen des wenigstens einen Eingangsparameters 10 betreffen, womit ebenfalls unmittelbar das aktuelle Verkehrsaufkommen ermittelt werden kann. Insbesondere können mehrere Eingangsparameter 10 der Verkehrseinrichtung 2 übergeben werden, womit eine gute Bestimmung der aktuellen Verkehrssituation von der Verkehrseinrichtung 2 bereitgestellt werden kann.

[0040] Dabei kann der wenigstens eine Eingangsparameter 10 eine Vielzahl unterschiedlicher Größen umfassen und als mehrdimensionaler Vektor darstellbar sein.

[0041] Es kann vorgesehen sein, dass von der Verkehrseinrichtung 2 weiters zweite Verkehrsparameter 32 der zukünftigen Verkehrssituation prognostiziert werden und die zweiten Verkehrsparameter 32 der Bewertungseinrichtung 6 übergeben werden, wie in den Fig. 2 und 3 gezeigt ist. Vorteilhaft dabei ist, dass dadurch die zu erwartete zukünftige Verkehrssituation, beispielsweise um 15Minuten, um 30Minuten und/oder um 60Minuten in die Zukunft gerichtet, berücksichtigt werden kann, wodurch der Straßenzug auch in Hinblick der erwarteten zukünftigen Verkehrssituation geregelt werden kann. Dabei können zu erwartende Änderungen der Verkehrssituation besser von dem Straßenzug bewältigt werden. Die zweiten Verkehrsparameter 32 können gemeinsam mit den ersten Verkehrsparameter 31 einen mehrdimensionalen Verkehrsparametervektor ausbilden.

[0042] Für die Bestimmung der zweiten Verkehrsparameter 32 können verkehrsparameterabhängige Werte und/oder verkehrsparameterunabhängige Werte der Eingangsparameter 10 verwendet werden. Es hat sich gezeigt, dass insbesondere durch die Einbeziehung verkehrsparameterunabhängige Werte die Genauigkeit der zweiten Verkehrsparameter 32 erheblich verbessert werden kann. Dabei können insbesondere Veranstaltungen oder wetterabhängige Eigenheiten einfach berücksichtigt werden.

[0043] Mit den zweiten Verkehrsparametern 32 kann eine modellbasierte prädiktive Regelung des Straßenzuges bereitgestellt werden.

[0044] In dem Verfahren wird weiters zumindest ein Bewertungskriterium 4 vorgegeben.

[0045] Das Bewertungskriterium 4 kann zumindest teilweise von einem hierarchisch übergeordneten Regelsystem, vorgegeben werden. Dadurch kann das Verfahren einfach in übergeordnetes Verfahren des hierarchisch übergeordneten Regelsystems integriert werden, wobei die Regelung lokal bei dem Straßenzug erfolgt und von dem übergeordneten Regelsystem lediglich ein Teil des Bewertungskriteriums 4 vorgegeben wird. Dadurch kann der Datentransfer gering gehalten werden und lokale Gegebenheiten bei dem Straßenzug einfach berücksichtigt werden. Das hierarchisch übergeordnete Regelsystem betrifft vorzugsweise ein dem Straßenzug hierarchisch übergeordnetes Element eines Verkehrsnetzes, beispielsweise einen Stadtteil oder ein Straßensystem mehrerer Straßen.

[0046] Das Bewertungskriterium 4 kann eine skalare oder eine vektorielle Größe sein. Bei einer vektoriellen Größe können einfach mehrere Bedingungen in dem Bewertungskriterium 4 zusammengefasst werden, wobei einfach auch unterschiedliche Gewichtungen der einzelnen Bedingungen vorgegeben werden können. Für einen Fachmann ist offensichtlich, dass ein vektorielles Bewertungskriterium 4 auch als skalare Funktion oder dgl. vorgesehen sein kann.

[0047] Bei anderen Ausführungsformen können auch andere Ausgestaltungen des Bewertungskriteriums 4 vorgesehen sein, beispielsweise in Form einer Matrix und/oder mehrerer Bewertungskriterien 4.

[0048] Bei dem Bewertungskriterium 4 kann vorgesehen sein, dass einem ersten Teil ein deutlich höheres Gewicht im Vergleich zu einem zweiten Teil zugeordnet ist, wodurch dieser erste Teil in diesem Sinne ein zu erfüllendes Muss-Kriterium darstellen kann. Ein Muss-Kriterium kann dabei insbesondere zur Erfüllung gesetzlicher Vorgaben vorgesehen sein.

[0049] Unter Berücksichtigung des Bewertungskriteriums 4 werden von der Bewertungseinrichtung 6 mittels eines Regelmodells und/oder eines Bewertungsmodells die Stellgrößen 7 ermittelt. Beim Bewertungsmodell wird den Eingangsparametern 10 und Stellgrößen 7 unter Berücksichtigung des Bewertungskriteriums 4 eine Bewertung zugeordnet. Dabei können bei anderen Ausformungen auch weitere Parameter, insbesondere durch Rückkopplungen, vorgesehen sein.

[0050] Das Regelmodell ist in diesem Sinn das inverse Bewertungsmodell, dass den Eingangsparametern 10 unter Berücksichtigung des Bewertungskriteriums 4 eine Stellgröße 7 zuweist, sodass die Bewertung vorgegebenen Bedingungen genügt.

[0051] Umfasst das Bewertungskriterium 4 sowohl Muss-Kriterien als auch Soll-Kriterien, so kann die Bewertungseinrichtung 6 der Erfüllung der Muss-Kriterien eine höhere Priorität zuordnen. Derart können insbesondere gesetzliche Vorgaben, beispielsweise eine Mindestdauer der einzelnen Signalphasen der von der Signalanlage 1 angezeigten Signale, beispielsweise jeweils der Grün-, der Gelb- und der Rotphase, sehr einfach berücksichtigt werden. Dies kann beispielsweise erreicht

werden, indem jene Stellgrößen 7, mittels welcher die Muss-Kriterien nicht erfüllt wird, von der Bewertungseinrichtung 6 ausgeschlossen werden und derart nicht von der Bewertungseinrichtung 6 ausgegeben werden können. Dies kann auch erreicht werden, indem jene Stellgrößen 7, mittels welcher die Muss-Kriterien nicht erfüllt werden, so bewertet werden, dass diese Stellgrößen 7 nicht von der Bewertungseinrichtung 6 als jene Stellgrößen 7 ermittelt werden, welche den höchsten Erfüllungsgrad aufweisen.

[0052] Hinsichtlich des Bewertungskriteriums 4 kann eine bestmögliche Erfüllung vorgesehen sein. Dabei kann von der Bewertungseinrichtung 6 im Wesentlichen ein Optimierungsproblem gelöst werden. Dabei kann ein als Muss-Kriterium vorgegebener erster Teil des Bewertungskriteriums 4 im Wesentlichen als Nebenbedingung für das Optimierungsproblem angesehen werden, welcher zwingend zu erfüllen ist.

[0053] Es kann vorgesehen sein, dass der Straßenzug mit einem vorgebbaren Standardsatz an Stellgrößen 7 betrieben wird, solange das Bewertungskriterium 4 mit dem Standardsatz an Stellgrößen erfüllt ist und erst dann eine Veränderung der Stellgrößen 7 erfolgt, wenn das Bewertungskriterium 4 nicht mehr erfüllt ist, oder die Nichterfüllung droht. Dabei kann auch vorgesehen sein, dass mehrere Standardsätze an Stellgrößen 7 vorgegeben sind und in einem ersten Schritt von einem Standardsatz zu einem anderen Standardsatz gewechselt wird. Beispielsweise kann vorgesehen sein, dass bei einer Kreuzung des Straßenzuges in einem ersten Standardsatz die beiden Straßen gleich behandelt werden, wodurch bei beiden Straßen geringe Standzeiten aufgrund der Dauer der Rotphasen sichergestellt werden können. Sobald der Verkehrsfluss in dem Straßenzug ein vorgegebenes Niveau erreicht, kann in einem zweiten Standardsatz die Grünphase der den Straßenzug kreuzenden Straße verlängert und die Rotphase des Straßenzuges verkürzt werden. Auf der den Straßenzug kreuzenden Straße verlängert sich dadurch die Rotphase und verkürzt sich die Grünphase. Dadurch kann auch bei einem höheren Durchflussniveau des Straßenzuges mit einem vorgegebenen zweiten Standardsatz gearbeitet werden. Dies kann insbesondere günstig sein, wenn der Straßenzug eine Hauptstraße und die den Straßenzug kreuzende Straße eine Nebenstraße ist.

[0054] Mit dem Standardsatz kann einfach vorgesehen sein, dass in dem Straßenzug eine grüne Welle sichergestellt ist. Sofern bei der Regelung mit einem Standardsatz das Bewertungskriterium 4 nicht mehr erfüllt wird, beispielsweise aufgrund eines Staus, ist es üblicherweise auch nicht mehr zweckmäßig das Konzept der grünen Welle zu verfolgen, da Fahrzeuge die nächste Kreuzung nicht mehr in der vorgesehenen Zeit erreichen werden.

[0055] Mit weiteren Standardsätzen können auch die Zeiten für das Abbiegen verändert werden, wobei eine Vielzahl an Möglichkeiten vorgesehen werden kann, welche an die jeweilige Kreuzung angepasst werden kann.

[0056] Sofern das Bewertungskriterium 4 mit sämtlichen Standardsätzen nicht mehr erfüllt ist, kann vorgesehen sein, dass die Stellgrößen 7 unabhängig von den Standardsätzen bestimmt werden. Das zumindest eine Bewertungskriterium 4 betrifft zumindest eine von dem Verfahren möglichst zu erfüllenden Bedingung wobei das Bewertungskriterium 4 beispielsweise eine Signaldauer eines Freigabesignals, insbesondere der Grünphase, eine Signaldauer des Stoppsignals, insbesondere der Rotphase, eine minimale Straßenzugreserve, einen Abfluss in eine vorgegebene Richtung oder eine maximale Rückstaulänge betreffen kann.

[0057] Dabei kann das Bewertungskriterium 4 insbesondere einen vorgebbaren Sollwert, eine Externalbedingung oder die Einhaltung eines Grenzwertes umfassen.

[0058] Das Bewertungskriterium 4 ermöglicht den Vergleich unterschiedlicher Stellgrößen 7 hinsichtlich der Eignung zur Erreichung der durch das Bewertungskriterium 4 vorgegebenen Strategie einer durch die ersten Verkehrsparameter 31 und gegebenenfalls der zweiten Verkehrsparameter 32 vorgegebenen Verkehrssituation.

[0059] Die Straßenzugreserve gibt an, welche Steigerung des Zuflusses ohne Staubildung von dem Straßenzug abgewickelt werden kann. Alternativ dazu kann auch ein Sättigungsgrad des Straßenzuges bestimmt werden, der im Wesentlichen dem Wert 100% weniger der Straßenzugreserve entspricht.

[0060] Wenn als Bewertungskriterium 4 beispielsweise eine minimale Straßenzugreserve von 10% vorgegeben wird, dann werden von der Bewertungseinrichtung 6 jene Stellgrößen 7 ermittelt, welche - unter Berücksichtigung der ersten Verkehrsparameter 31 und gegebenenfalls der zweiten Verkehrsparameter 32 das Bewertungskriterium 4 verfallen.

[0061] Analog zu der Straßenzugreserve kann auch eine Kreuzungsreserve der Kreuzungen des Straßenzuges gebildet werden, welche angibt welche Steigerung des Verkehrsflusses ohne Staubildung von der jeweiligen Kreuzung abgewickelt werden kann. Die Kreuzungsreserve einer oder mehrerer der Kreuzungen des Straßenzuges können als Teil der ersten Verkehrsparameter 31 und gegebenenfalls der zweiten Verkehrsparameter 32 vorgesehen sein.

[0062] Wenn mehrere Bewertungskriterien 4 vorgegeben werden, können diese als mehrdimensionaler Bewertungskriterienvektor übergeben werden. Mit dem Bewertungskriterium 4 können auf diese Weise unterschiedliche Ziele zugleich vorgegeben werden, welche teilweise widersprüchlich sein können. Dabei kann eine Gewichtung der einzelnen Bewertungskriterien 4 vorgesehen sein, welche Bestandteil der Bewertungskriterien 4 sein kann. Es kann auch vorgesehen sein, dass zumindest ein Teil der Gewichtung in der Bewertungseinrichtung 6 implementiert ist, beispielsweise durch die Reihenfolge der Bewertungskriterien 4.

[0063] Das zumindest eine Bewertungskriterium 4

kann von einer übergeordneten Instanz unmittelbar vorgegeben werden oder aber auch langfristig vorgegeben sein. Es kann auch eine langfristige Vorgabe vorgesehen sein, welche unmittelbar geändert werden kann. Die übergeordnete Instanz betrifft vorzugsweise ein dem Straßenzug hierarchisch übergeordnetes Element eines Verkehrsnetzes, beispielsweise einen Stadtteil oder ein Straßensystem mehrerer Straßen.

[0064] Mittels des Regelmodells und/oder Bewertungsmodells werden die der Bewertungseinrichtung 6 übergebenen Größen, welche Eingangsgrößen für die Bewertungseinrichtung 6 sind, bewertet um anhand dieser Bewertung jene Stellgrößen 7 zu ermitteln, mittels welcher Stellgrößen 7 die Signalanlagen 1 betrieben werden.

[0065] Dabei können die Stellgrößen 7 unmittelbar die Signale, insbesondere die Dauer und/oder die Reihenfolge der einzelnen Signalphasen, der Signalanlage 1 vorgeben.

[0066] Die Stellgrößen 7 können auch Eingangsparameter einer Signalanlagensteuerung 9 der Signalanlagen 1 sein. Dabei kann vorgesehen sein, dass das Bewertungskriterium der Signalanlagensteuerung 9 von den Stellgrößen 7 beeinflusst wird.

[0067] Das Bewertungskriterium 4 kann als Muss-Kriterium beispielsweise die Signalmindestdauer des Freigabesignals sein, um geregelte, insbesondere gesetzlich geregelte, Vorgaben zu erfüllen. Eine derart geregelte Vorgabe kann beispielsweise die der Straßenbreite entsprechend hinreichend lange Grünphase einer Fußgängerampel sein.

[0068] In weiterer Ausbildung des Verfahrens kann beispielsweise vorgesehen sein, mit dem Bewertungskriterium 4 einerseits vorzugeben, dass die Grünphase einer Fußgängerampel mindestens 40 Sekunden lang ist, und weiters vorzugeben, dass die Sättigung des Straßenzuges maximal 90% ist. Je nach gesetzlicher Vorgabe, der Ausgestaltung des Straßenzuges und der aktuellen Verkehrssituation sind in diesem Sinne weitere Bewertungskriterien 4 vorgebar, wobei diese Vorgaben zeitlich variabel sein können.

[0069] Das Bewertungskriterium 4 und die ersten Verkehrsparameter 31 bilden Eingangsgrößen für die Bewertungseinrichtung 6. Wenn die Verkehrseinrichtung 2 zweite Verkehrsparameter 32 liefert, können auch die zweiten Verkehrsparameter 32 weitere Eingangsgrößen der Bewertungseinrichtung 6 sein. Bei besonders einfachen Regelmodellen und/oder Bewertungsmodellen der Bewertungseinrichtung 6 kann eine analytische Darstellung vorgesehen sein, welche sich jedoch oftmals als nicht zweckmäßig zeigt.

[0070] Als günstig haben sich auch für das Regelmodell und/oder Bewertungsmodell Machine-Learning-Modelle und/oder Pattern-Recognition-Modelle gezeigt, bei denen die Modelle anhand von Beispielen trainiert werden können und auf diese Weise auch bei komplexen Systemen eine schnelle und gute Ermittlung der Stellgrößen 7 erreicht werden kann.

[0071] Auch bei dem Regelmodell und/oder Bewertungsmodell der Bewertungseinrichtung 6 können die Machine-Learning-Modelle insbesondere künstliche neuronale Netze, Regression- oder Klassifikationsbäume, Support Vector Machines und/oder Look-Up-Tables und/oder Komitees von Machine-Learning-Modellen sein.

[0072] Neben Machine-Learning-Modellen haben sich für das Regelmodell und/oder Bewertungsmodell weiters Fuzzy-Logic-Modelle als zweckmäßig herausgestellt. Oftmals ist es möglich, Bewertungen verbal zu beschreiben, welche einfach in ein Fuzzy-Logic-Modell umgesetzt werden können.

[0073] Sofern die Kapazität einer Kreuzung erschöpft ist, kann beispielsweise vorgesehen sein, dass bei den benachbarten Kreuzungen der Abfluss in Richtung dieser Kreuzung reduziert werden soll. Dabei können in dem Fuzzy-Logic-Modell die Bedingungen einfach verständlich gehalten werden, wodurch Erfahrungswerte einfach implementiert werden können. Beispielsweise kann vorgesehen sein, dass als Bewertungskriterium in Hinblick auf eine Kreuzung des Straßenzuges vorgegeben werden kann: "wenn die Kreuzung voll ist, dann reduziere den Abfluss der Nachbarkreuzung".

[0074] Durch die Kombination eines Fuzzy-Logic-Modells mit einem Machine-Learning-Modell kann auf einfache Weise zusätzlich zur verbalen Formulierbarkeit eine Ergänzung zu nicht oder nicht vollständig geregelten Situationen sichergestellt werden. Dabei kann auch bei einem unvollständigen oder nicht für alle Situationen konsistenten Fuzzy-Logic-Modell des Regelmodells und/oder des Bewertungsmodells eine zuverlässige Regelung sichergestellt werden.

[0075] Das Verkehrsmodell, das Regelmodell und/oder das Bewertungsmodell sind vorzugsweise als eigenständige Module ausgebildet, welche miteinander mittels Schnittstellen gekoppelt sind. Dabei können die Schnittstellen auch Rückkoppelungen ausbilden. Durch die Ausbildung eigenständiger Module können die einzelnen Modelle besonders einfach ausgestaltet und trainiert werden. Insbesondere kann jedes Modul einfach für seine spezifische Aufgabe optimiert werden.

[0076] Wie in Fig. 3 dargestellt, kann vorgesehen sein, dass die ersten Verkehrsparameter 31 und/oder die zweiten Verkehrsparameter 32 von der Verkehrseinrichtung 2 einer Beurteilungseinrichtung 8 übergeben werden und von der Beurteilungseinrichtung 8 zumindest teilweise das zumindest eine Bewertungskriterium 4 ermittelt wird.

[0077] Mit der Beurteilungseinrichtung 8 kann die Verkehrssituation mittels eines Beurteilungsmodells beurteilt und das Bewertungskriterium 4 an die Verkehrssituation angepasst werden.

[0078] Es kann vorgesehen sein, dass die Beurteilungseinrichtung 8 neben dem Beurteilungsmodell weiters ein Auswahlmodell zur Vorgabe des Bewertungskriteriums 4 umfasst. Bei anderen Ausführungsformen kann vorgesehen sein, dass das Beurteilungsmodell und

das Auswahlmodell im Beurteilungsmodell zusammengefasst sind.

[0079] Ist das Verfahren mit einem hierarchisch übergeordneten Verfahren gekoppelt, so kann vorgesehen sein, dass Anweisungen von dem hierarchisch übergeordneten Verfahren der Beurteilungseinrichtung 8 übergeben werden und von dieser bei der Bestimmung des Bewertungskriteriums 4 berücksichtigt werden. Die Anweisungen können unmittelbar einen Teil des Bewertungskriteriums 4 darstellen.

[0080] Sofern lediglich eine geringe Anzahl an ersten Verkehrsparametern 31 und/oder zweiten Verkehrsparametern 32 berücksichtigt wird, kann eine analytische Darstellung des Beurteilungsmodells und/oder des Auswahlmodells der Verkehrseinrichtung 2 vorgesehen sein. Oftmals ist eine derartige Darstellung jedoch nicht zweckmäßig. Als günstig haben sich Machine-Learning-Modelle und/oder Pattern-Recognition-Modelle gezeigt, bei denen die Modelle anhand von Beispielen trainiert werden können und auf diese Weise auch bei komplexen Systemen eine schnelle und gute Ermittlung des Bewertungskriteriums 4 erreicht werden kann.

[0081] Machine-Learning-Modelle können beispielsweise künstliche neuronale Netze, Regression- oder Klassifikationsbäume, Support Vector Machines und/oder Look-Up-Tables sein.

[0082] Neben Machine-Learning-Modellen haben sich für das Beurteilungsmodell und/oder das Auswahlmodell weiters Fuzzy-Logic-Modelle als zweckmäßig herausgestellt. Oftmals ist es möglich, geeignete Regelungsstrategien verbal zu beschreiben, welche einfach in ein Fuzzy-Logic-Modell umgesetzt werden können. Diese Regelungsstrategien können durch das Bewertungskriterium 4 und/oder die Anforderung 5 erreicht werden.

[0083] Durch die Kombination eines Fuzzy-Logic-Modells mit einem Machine-Learning-Modell kann auf einfache Weise zusätzlich zur verbalen Formulierbarkeit eine Ergänzung zu nicht oder nicht vollständig geregelten Situationen sichergestellt werden. Dabei kann auch bei einem unvollständigen oder nicht für alle Situationen konsistenten Fuzzy-Logic-Modell des Beurteilungsmodells und/oder das Auswahlmodells eine zuverlässige Regelung sichergestellt werden.

[0084] Das Beurteilungsmodell und/oder das Auswahlmodell sind gegenüber dem Verkehrsmodell, dem Regelmodell und/oder dem Bewertungsmodell vorzugsweise als eigenständige Module ausgebildet, welche miteinander mittels Schnittstellen gekoppelt sind. Dabei können die Schnittstellen auch Rückkoppelungen ausbilden. Durch die Ausbildung eigenständiger Module können die einzelnen Modelle besonders einfach ausgestaltet und trainiert werden. Insbesondere kann jedes Modul einfach für seine spezifische Aufgabe optimiert werden.

[0085] Mit der Auswahl des Bewertungskriteriums 4 können unterschiedliche Strategien für die Regelung des Straßenzuges vorgegeben werden.

[0086] Beispielsweise kann mit einer ersten Strategie

der morgendliche Berufsverkehr stadteinwärts, mit einer zweiten Strategie der abendliche Berufsverkehr stadtauswärts, mit einer dritten Strategie der Urlauberverkehr, mit einer vierten Strategie die Feinstaubbelastung oder die Konzentration anderer Schadstoffe und mit einer fünften Strategie der Verkehr von oder zu einer Veranstaltung besonders berücksichtigt werden.

[0087] Durch die Einbindung der Strategievorgabe in das Verfahren durch die Beurteilungseinrichtung 8 kann die Strategie einfach und schnell an die aktuelle Situation angepasst werden. Dadurch ist auch eine schnelle Strategieänderung für kurzfristige Ereignisse möglich. Beispielsweise kann durch die Erfassung der Position eines vorgegebenen Fahrzeuges ein schnelles Vorankommen dieses Fahrzeuges sichergestellt werden, wobei auch eine Routenänderung des Fahrzeuges einfach berücksichtigt werden kann. Dabei können insbesondere das Vorankommen von Einsatzfahrzeugen und/oder Fahrzeugen des öffentlichen Verkehrs wesentlich verbessert werden.

[0088] Es kann auch vorgesehen sein, das Bewertungskriterium 4 über eine externe Eingangs-Schnittstelle vorzugeben, wobei auch lediglich ein Teil des Bewertungskriteriums 4 vorgegeben werden kann. Dabei kann vorgesehen sein, dass die externe Eingangs-Schnittstelle mit einem Eingang der Beurteilungseinrichtung 8 verbunden ist und die Beurteilungseinrichtung 8 unter Berücksichtigung der Vorgaben von der externen Eingangs-Schnittstelle das Bewertungskriterium 4 ermittelt und an die Bewertungseinrichtung 6 übergibt. Es kann auch vorgesehen sein, dass die externe Eingangs-Schnittstelle direkt mit einem Eingang der Bewertungseinrichtung 6 verbunden ist, wodurch gegebenenfalls die Auswahl einer beliebigen Strategie zur Steuerung der Kreuzung einfach ermöglicht wird.

[0089] Über die externe Eingangs-Schnittstelle kann beispielsweise eine manuelle Eingabe vorgesehen sein, wodurch gegebenenfalls eine manuelle Steuerung des Straßenzuges durch Auswahl des Bewertungskriteriums 4 einfach ermöglicht werden kann. Mit der Auswahl des Bewertungskriteriums kann einfach die Strategie für die Regelung des Straßenzuges vorgegeben werden.

[0090] Es hat sich als vorteilhaft gezeigt, wenn mit den ersten Verkehrsparametern 31 die Verkehrsflüsse in dem Straßenzug bestimmt werden können, wobei die ersten Verkehrsparameter 31 insbesondere die Verkehrsflüsse in dem Straßenzug und/oder die Kreuzungsreserven der Kreuzungen des Straßenzuges charakterisierende Parameter sein können. Insbesondere können die ersten Verkehrsparameter 31 unmittelbar einen Zahlenwert für die Verkehrsflüsse in dem Straßenzug und/oder die Kreuzungsreserven der Kreuzungen des Straßenzuges angeben.

[0091] Die Beispiele zum Trainieren des Verkehrsmodells können separat vorab ermittelt werden. Dabei können über einen vorgebbaren Zeitraum, beispielsweise wenigstens zwei Monate, an der Kreuzung durchgeführte Messungen herangezogen werden.

[0092] Die Beispiele zum Trainieren des Regelmodells und/oder des Bewertungsmodells können durch Vorabsimulationen, beispielsweise durch Monte-Carlo-Simulationen, ermittelt werden, wobei für ausgewählte Bewertungskriterien 4, erste Verkehrsparameter 31 und gegebenenfalls zweite Verkehrsparameter 32 die besten Stellgrößen 7 ermittelt werden.

[0093] Auch die Beispiele zum Trainieren des Beurteilungsmodells und/oder des Auswahlmodells können durch Vorabsimulationen, beispielsweise durch Monte-Carlo-Simulationen, ermittelt werden.

[0094] Durch das Vorsehen der Verkehrseinrichtung 2, der Bewertungseinrichtung 6 und gegebenenfalls der Beurteilungseinrichtung 8 können diese unterschiedlich ausgebildet sein. Insbesondere können die zum Trainieren verwendeten Beispiele auf unterschiedliche Weise gewonnen werden, wodurch das Verkehrsmodell der Verkehrseinrichtung 2 und/oder das Regelmodell und/oder das Bewertungsmodell der Bewertungseinrichtung 6 und/oder das Beurteilungsmodell und/oder das Auswahlmodell der Beurteilungseinrichtung einfach gehalten werden können.

[0095] Ein weiterer Vorteil ist, dass das Bewertungskriterium 4 gezielt auf die Verkehrssituation gerichtet werden kann und die Daten der Verkehrssituation, die ersten Verkehrsparameter 31 und/oder die zweiten Verkehrsparameter nicht als gemessene Eingangsparameter vorliegen müssen, sondern von der Verkehrseinrichtung 2 mittels des Verkehrsmodells bereitgestellt werden. Dadurch kann der erforderliche Messaufwand im Betrieb gering gehalten werden und beispielsweise auf vorab ermittelte Erfahrungswerte zurückgegriffen werden, welche gegebenenfalls durch einen lediglich geringen Messaufwand bestätigt bzw. angepasst werden können.

[0096] Die aktuelle Verkehrssituation kann einfach und mit geringem Bedarf an Rechenleistung und an Datentransfer ermitteln werden. Derart kann einfach und ressourcenschonend die Regelung des Straßenzuges anpassbar an unterschiedlichste lokale und regionale Verkehrssituationen gewährleistet werden.

[0097] Das Verkehrsmodell und/oder das Regelmodell und/oder das Bewertungsmodell und/oder das Beurteilungsmodell und/oder das Auswahlmodell können adaptiv ausgebildet sein. Vorteilhaft dabei ist, dass die Genauigkeit der Modelle im laufenden Betrieb verbessert werden kann. Dabei wird das jeweilige Modell ausgehend von einer Ausgangskonfiguration offline in Trainingsphasen und/oder online während des Betriebes verbessert, insbesondere mittels bekannter Verfahren, beispielsweise einem Evolutionsverfahren. Dabei können offline-Trainingsphasen vor dem Betrieb und/oder während des Betriebs in Betriebspausen oder parallel zu dem Betrieb vorgesehen sein.

[0098] Es kann vorgesehen sein, dass die Ausgänge der Einrichtungen (2, 6, 8) mit den Eingängen anderer der Einrichtungen (2, 6, 8) rückgekoppelt sind, wodurch die Genauigkeit der entsprechenden Modelle erhöht werden kann.

[0099] Beispielsweise haben die Stellgrößen 7 unmittelbar einen Einfluss auf die zweiten Verkehrsparameter 32. Insbesondere für längere Prognosen steigt der Einfluss des Bewertungskriteriums 4 auf die zweiten Verkehrsparameter 32. Der Eingangsparameter 10 der Verkehrseinrichtung kann wenigstens eine der Stellgrößen 7 umfassen, wobei auch vorgesehen sein kann, dass der Eingangsparameter 10 sämtliche Stellgrößen 7 umfasst. Weiters kann mit einer Rückkoppelung der Stellgrößen 7 in die Beurteilungseinrichtung 8 ermöglicht werden, dass die Erfüllung der Strategievorgaben vorzeitig ermittelt werden kann und eine besonders frühzeitige Anpassung der Strategie durch Veränderung des Bewertungskriteriums 4 erfolgen kann.

[0100] Durch die Rückkopplung kann einfach ein ständiges Training der Modelle bereitgestellt werden, wodurch eine stetige Adaption der Modelle und eine stetige Verbesserung der Regelung des Straßenzuges erreicht werden kann.

[0101] In vorteilhafter Weiterbildung des Verfahrens kann vorgesehen sein, dass der wenigstens eine Eingangsparameter 10 zumindest teilweise mittels eines Sensors 11 im Bereich des Straßenzuges bestimmt wird. Der Sensor 11 kann unmittelbar an einer der Signalanlagen 1 angebracht sein. Bei anderen Ausführungsformen des Sensors 11 kann er unterhalb der Fahrbahn des Straßenzuges und/oder einer Zubringerstraße angeordnet sein.

[0102] Der Sensor 11 kann ausgebildet sein um das aktuelle Wetter, die Zuflüsse des Straßenzuges, den Rückstau in dem Straßenzug und/oder Unfälle im Straßenzug zu bestimmen. Zu diesem Zwecke kann der Sensor 11 Induktionsschleifen, Temperatursensoren, Lichtschranken, Magnetsensoren, Bildsensoren, beispielsweise Videosensoren, Laserscanner, und/oder Radarsensoren umfassen.

[0103] In vorteilhafter Weiterbildung des Verfahrens kann vorgesehen sein, dass das zumindest eine Bewertungskriterium 4 zumindest teilweise mittels einer externen Eingangs-Schnittstelle, vorzugsweise von einem Handeingabegerät oder von einem hierarchisch übergeordneten Regelsystem, vorgegeben wird. Dazu kann die Verkehrseinrichtung 2, die Bewertungseinrichtung 6 und/oder die Beurteilungseinrichtung 8 mit einem Eingabegerät im Bereich des Straßenzuges, einer Zentrale, insbesondere einer Verkehrsleitstelle, oder mit dem übergeordneten Regelsystem, beispielsweise einem Regelsystem welches ein Verfahren zur Regelung einer Signalanlagenanordnung in einem Verkehrsnetz ausführt, verbunden sein, beispielsweise funk- oder kabelverbunden sein. Vorteilhaft dabei ist, dass derart das Bewertungskriterium 4 von fern verändert werden kann, womit der Verkehrsfluss in dem Straßenzug von außen steuerbar ist bzw. mit benachbarten weiteren Straßenzügen wenigstens teilweise synchronisiert werden kann, beispielsweise durch ein hierarchisch übergeordnetes Verfahren. Vorteilhaft dabei ist, dass lediglich geringe Datenmengen zu übertragen sind, da das Verfahren wei-

terhin, wenigstens weitestgehend, autonom arbeiten kann bzw. dass der Schadstoffausstoß entlang von Hauptverkehrswegen verringert werden kann, indem der Verkehrsfluss über den Straßenzug hinaus optimiert wird.

[0104] In vorteilhafter Weise kann vorgesehen sein, dass von der Bewertungseinrichtung 6 eine Rückmeldung an eine externe Ausgangs-Schnittstelle, vorzugsweise an eine Anzeigeeinrichtung oder das hierarchisch übergeordnete Regelsystem, übermittelt wird. Vorteilhaft dabei ist, dass derart die Funktionsweise der Regelung des Straßenzuges einfach kontrolliert und/oder das Verfahren zur Regelung eines weiteren Straßenzuges und/oder eines Verkehrsnetzes durch die Rückmeldung beeinflusst werden kann. Vorteilhaft ist weiters, dass lediglich geringe Datenmengen zu übertragen sind, da die Rückmeldung üblicherweise geringe Datenmengen verursacht.

[0105] Die Verkehrseinrichtung 2, die Bewertungseinrichtung 6 und gegebenenfalls die Beurteilungseinrichtung 8 können in einem gemeinsamen Gehäuse angeordnet sein, wodurch eine besonders kompakte Bauweise bereitgestellt werden kann. Es kann auch vorgesehen sein, dass ein Computer mehrere oder auch alle der Einrichtungen 2, 6, 8 umfasst.

[0106] Die Erfindung betrifft weiters ein Computerprogrammprodukt, das direkt in den internen Speicher eines Computers geladen werden kann und Softwarecodeabschnitte umfasst, mit denen die Schritte des vorstehenden Verfahrens ausgeführt werden, wenn das Computerprogrammprodukt auf einem Computer läuft. Das Computerprogrammprodukt kann auf einem Datenträger gespeichert sein.

[0107] Beispielsweise können bei einer Ausbildung eines der Modelle als Look-Up-Tables für vorgegebene Eingangsparameter 10 auf einzelnen Tabellenblättern die dazugehörigen Ausgangsparameter abgespeichert werden und anhand der aktuellen Eingangsparameter 10 die aktuellen Ausgangsparameter interpoliert werden. Beispielsweise können bei dem Verkehrsmodell der Verkehrseinrichtung 2 Verkehrssituationen für vorgegebene Eingangsparameter 10 auf einzelnen Tabellenblättern abgespeichert werden und anhand dieser Einträge anhand der aktuellen Eingangsparameter 10 die ersten Verkehrsparameter 31 interpoliert werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Verkehrsregelung eines Straßenzuges mit mehreren Kreuzungen, wobei zumindest zwei der Kreuzungen Signalanlage (1) zugeordnet sind, wobei
 - wenigstens ein Eingangsparameter (10) einer ersten Verkehrsparameter (31) ermittelnden Verkehrseinrichtung (2) übergeben wird,
 - von der Verkehrseinrichtung (2) anhand eines

Machine-Learning-Modells und/oder eines Pattern-Recognition-Modells erste Verkehrsparameter (31) der aktuellen Verkehrssituation in Abhängigkeit des wenigstens einen Eingangsparameters (10) ermittelt werden,

- zumindest ein Bewertungskriterium (4) vorgegeben wird,
- die ersten Verkehrsparameter (31) und das zumindest eine Bewertungskriterium (4) einer Bewertungseinrichtung (6) übergeben werden,
- von der Bewertungseinrichtung (6) anhand eines Machine-Learning-Modells und/oder eines Pattern-Recognition-Modells Stellgrößen (7) in Abhängigkeit der ersten Verkehrsparameter (31) und des zumindest einen Bewertungskriteriums (4) ermittelt werden und
- die Signalanlagen (1) mit den Stellgrößen (7) betrieben werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** von der Verkehrseinrichtung (2) zweite Verkehrsparameter (32) der zukünftigen Verkehrssituation prognostiziert werden und die zweiten Verkehrsparameter der Bewertungseinrichtung übergeben werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** von der Verkehrseinrichtung (2) die ersten Verkehrsparameter (31) und/oder die zweiten Verkehrsparameter (32) einer Beurteilungseinrichtung (8) übergeben werden und von der Beurteilungseinrichtung (8) zumindest teilweise das zumindest eine Bewertungskriterium (4) ermittelt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verkehrseinrichtung (2) und/oder die Bewertungseinrichtung (6) und/oder die Beurteilungseinrichtung (8) adaptiv ausgebildet sind.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Beurteilungseinrichtung (8) ein Machine-Learning-Modell und/oder Pattern-Recognition-Modell umfasst.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bewertungseinrichtung (6) und/oder die Beurteilungseinrichtung (8) ein Fuzzy-Logic-Modell umfasst.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der wenigstens eine Eingangsparameter (10) zumindest teilweise mittels eines Sensors (11) im Bereich des Straßenzuges bestimmt wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das zumindest eine

Bewertungskriterium (4) zumindest teilweise mittels einer externen Eingangs-Schnittstelle, vorzugsweise von einem Handeingabegerät oder von einem hierarchisch übergeordneten Regelsystem, vorgegeben wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** von der Bewertungseinrichtung (6) eine Rückmeldung an eine externe Ausgangs-Schnittstelle, vorzugsweise an eine Anzeigeeinrichtung oder das hierarchisch übergeordnete Regelsystem, übermittelt wird.
10. Computerprogrammprodukt, das direkt in den internen Speicher eines Computers geladen werden kann und Softwarecodeabschnitte umfasst, mit denen die Schritte des Verfahrens gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9 ausgeführt werden, wenn das Computerprogrammprodukt auf einem Computer läuft.

Claims

1. A method for the traffic control of a section of roads with several crossings, wherein at least two of the crossings are assigned signalling systems (1), wherein
 - at least one input parameter (10) is transferred to a traffic control device (2) determining first traffic parameters (31),
 - first traffic parameters (31) of the current traffic situation are determined depending on the at least one input parameter (10) by the traffic control device (2) on the basis of a machine learning model and/or a pattern recognition model,
 - at least one evaluation criterion (4) is predetermined,
 - the first traffic parameters (31) and the at least one evaluation criterion (4) are transferred to an evaluation device (6),
 - actuating variables (7) are determined depending on the first traffic parameters (31) and the at least one evaluation criterion (4) by the evaluation device (6) on the basis of a machine learning model and/or a pattern recognition model, and
 - the signalling assembly (1) is operated with the actuating variables (7).
2. A method according to claim 1, **characterized in that** second traffic parameters (32) of the future traffic situation are predicted by the traffic device (2), and the second traffic parameters are transferred to the evaluation device.
3. A method according to claim 1 or 2, **characterized in that** the first traffic parameters (31) and/or the

second traffic parameters (32) are transferred to an assessment device (8) by the traffic device (2), and the at least one evaluation criterion (4) is determined by the assessment device (8) at least in part.

4. A method according to claim 3, **characterized in that** the traffic device (2) and/or the evaluation device (6) and/or the assessment device (8) are formed adaptively.
5. A method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the assessment device (8) comprises a machine learning model and/or pattern recognition model.
6. A method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the evaluation device (6) and/or the assessment device (8) comprises a fuzzy logic model.
7. A method according to one of the claims 1 to 6, **characterized in that** the at least one input parameter (10) is determined at least partly by means of a sensor (11) in the region of the section of roads.
8. A method according to one of the claims 1 to 7, **characterized in that** the at least one evaluation criterion (4) is predetermined at least in part by means of an external input interface, preferably a portable input device or a hierarchically superordinate control system.
9. A method according to one of the claims 1 to 8, **characterized in that** the evaluation device (6) transmits feedback to an external output interface, preferably to a display device or the hierarchically superordinate control system.
10. A computer program product, which can be loaded directly into the internal memory of a computer and comprises software code sections with which the steps of the method according to one of the claims 1 to 9 are carried out when the computer program product is run on a computer.

Revendications

1. Procédé pour la régulation de la circulation sur une voie de circulation à plusieurs croisements, dans lequel des installations de signalisation (1) sont associées à au moins deux des croisements, dans lequel
 - au moins un paramètre d'entrée (10) est transmis à une installation de circulation (2) déterminant des premiers paramètres de circulation (31) ;
 - l'installation de circulation (2) détermine, à

- l'aide d'un modèle d'apprentissage automatique et/ou d'un modèle de reconnaissance des formes, des premiers paramètres de circulation (31) de la situation de circulation actuelle en fonction de l'au moins un paramètre d'entrée (10) ;
- au moins un critère d'évaluation (4) est prédéterminé ;
 - les premiers paramètres de circulation (31) et l'au moins un critère d'évaluation (4) sont transmis à une installation d'évaluation (6) ;
 - l'installation d'évaluation (6) détermine des grandeurs de réglage (7) à l'aide d'un modèle d'apprentissage automatique et/ou d'un modèle de reconnaissance des formes, en fonction des premiers paramètres de circulation (31) et de l'au moins un critère d'évaluation (4) et
 - les installations de signalisation (1) sont pilotées avec les grandeurs de réglage (7).
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'installation de circulation (2) pronostique des deuxièmes paramètres de circulation (32) de la situation de circulation future et transmet les deuxièmes paramètres de circulation à l'installation d'évaluation.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** l'installation de circulation (2) transmet les premiers paramètres de circulation (31) et/ou les deuxièmes paramètres de circulation (32) à une installation d'interprétation (8) et l'installation d'interprétation (8) détermine au moins en partie l'au moins un critère d'évaluation (4).
4. Procédé selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** l'installation de circulation (2) et/ou l'installation d'évaluation (6) et/ou l'installation d'interprétation (8) sont adaptatives.
5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'installation d'interprétation (8) comprend un modèle d'apprentissage automatique et/ou un modèle de reconnaissance des formes.
6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'installation d'évaluation (6) et/ou l'installation d'interprétation (8) comprennent un modèle de logique floue.
7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** l'au moins un paramètre d'entrée (10) est déterminé au moins en partie au moyen d'un capteur (11) situé dans la zone de la voie de circulation.
8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** l'au moins un critère d'évaluation (4) est au moins en partie prédéterminé au moyen d'une interface d'entrée externe, de préférence d'un appareil de saisie manuel ou d'un système de régulation d'un niveau hiérarchique supérieur.
9. Procédé selon l'une des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce que** l'installation d'évaluation (6) transmet une rétrosignalisation à une interface de sortie externe, de préférence à une installation d'affichage ou au système de régulation d'un niveau hiérarchique supérieur.
10. Programme pour ordinateur qui peut être chargé directement dans la mémoire interne d'un ordinateur et qui comprend des segments de code de logiciel avec lesquels les étapes du procédé selon l'une des revendications 1 à 9 peuvent être réalisées quand le programme pour ordinateur est exécuté sur un ordinateur.

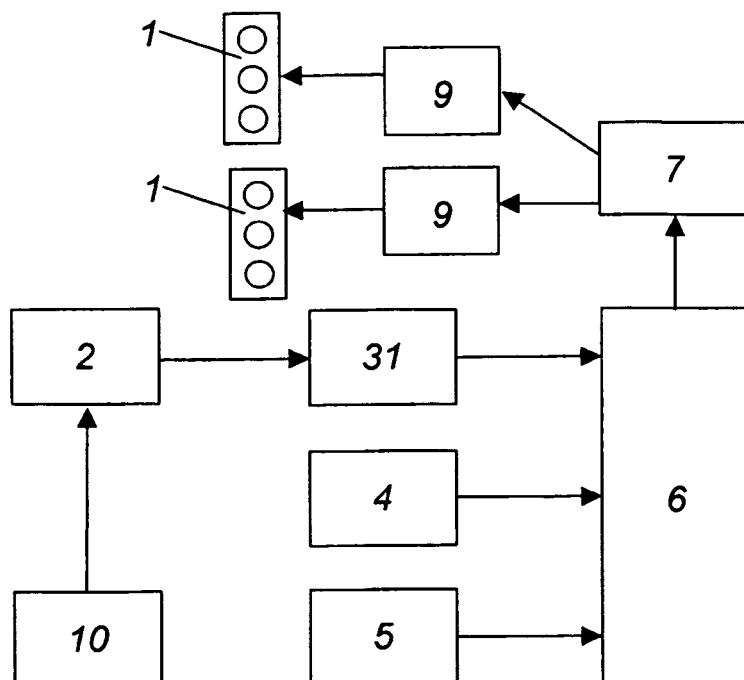


Fig. 1

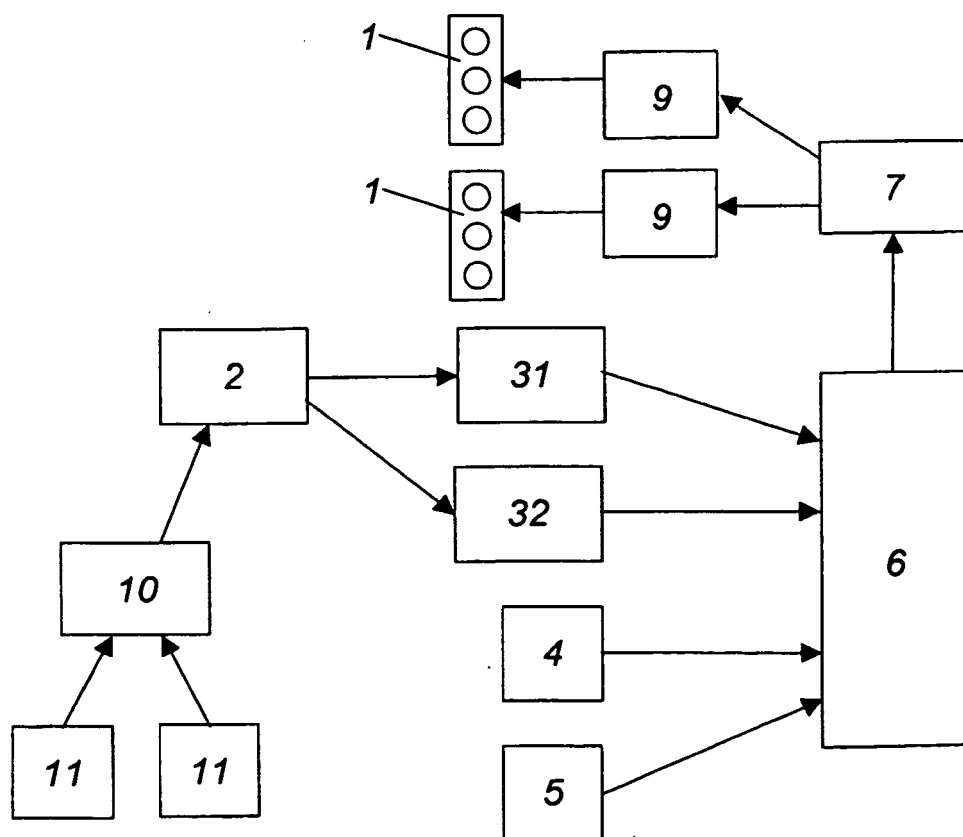


Fig. 2

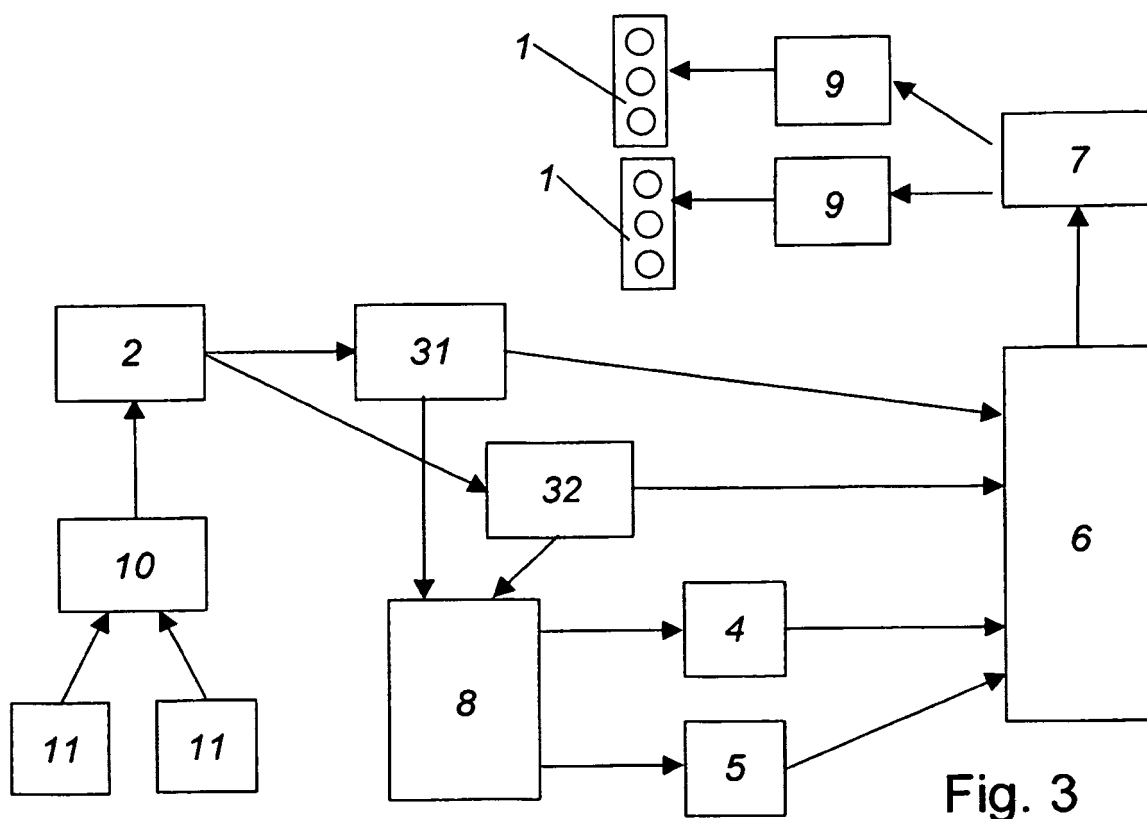


Fig. 3

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- US 2002116118 A1 [0003]
- DE 4436339 A1 [0004]