



(11) **EP 3 084 746 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
15.01.2020 Patentblatt 2020/03

(51) Int Cl.:
G08G 1/08^(2006.01) G08G 1/096^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **15710754.1**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2015/055219

(22) Anmeldetag: **12.03.2015**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2015/144445 (01.10.2015 Gazette 2015/39)

(54) **VERFAHREN ZUR STEUERUNG EINER LICHTSIGNALANLAGE UND LICHTSIGNALANLAGEN-STEUERUNGSSYSTEM**

METHOD FOR CONTROLLING A LIGHT SIGNAL SYSTEM AND LIGHT SIGNAL SYSTEM CONTROL SYSTEM

PROCÉDÉ DE COMMANDE D'UN DISPOSITIF DE SIGNALISATION LUMINEUX ET SYSTÈME DE COMMANDE DE DISPOSITIF DE SIGNALISATION LUMINEUX

(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: **24.03.2014 DE 102014205419**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
26.10.2016 Patentblatt 2016/43

(73) Patentinhaber: **Siemens Mobility GmbH**
81739 München (DE)

(72) Erfinder:
• **JOHN, Alexander**
81477 München (DE)
• **POSCHINGER, Andreas**
82515 Wolfratshausen (DE)

- **REINTS, Wilke**
85622 Feldkirchen bei München (DE)
- **WUNDER, Roland**
86343 Königsbrunn (DE)
- **YETIK, Görkem**
Osmanaga Mah. Kadikoy
TR- 34714 Istanbul (TR)
- **MÜCK, Jürgen**
81539 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
CN-A- 101 030 330 CN-A- 101 840 637
DE-A1-102010 052 702 US-A1- 2007 252 727
US-A1- 2010 259 419 US-B1- 6 268 805
US-B1- 6 339 383

EP 3 084 746 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 Steuerung einer Lichtsignalanlage. Die Erfindung betrifft ferner ein Lichtsignalanlagen-Steuerungssystem zur Steuerung einer Lichtsignalanlage. Die Erfindung betrifft des Weiteren ein Computerprogramm.

[0002] Die Offenlegungsschrift US 6,339,383 B1 zeigt eine Vorrichtung zum Steuern einer Lichtsignalanlage.

[0003] Die Offenlegungsschrift CN 101030330A zeigt eine Lichtsignalanlage.

[0004] Die Patentschrift US 6,268,805 B1 zeigt eine Vorrichtung zur Steuerung einer Lichtsignalanlage, wobei die Lichtsignalanlage eine Restzeitanzeige umfasst.

[0005] Die Offenlegungsschrift US 2010/0259419 A1 zeigt eine Lichtsignalanlage umfassend eine Restzeitanzeige.

[0006] Die Offenlegungsschrift DE 10 2011 004 841 A1 zeigt ein Verfahren und ein Lichtsignalanlagen-Steuerungssystem zur Steuerung von Lichtsignalanlagen.

[0007] Die Patentschrift DE 10 2012 110 099 B3 zeigt eine Prädiktionseinheit einer Lichtsignalanlage zur Verkehrssteuerung. Es ist eine reale Lichtsignalanlage vorgesehen. Diese wird simuliert, um für diese simulierte Lichtsignalanlage im Zeitraffer mittels der Prädiktionseinheit Restzeiten für Signale vorherzusagen. Diese vorhergesagten Restzeiten entsprechen also den Restzeiten von Signalen der simulierten Lichtsignalanlage, nicht der realen Lichtsignalanlage. Die reale Lichtsignalanlage läuft von der simulierten Lichtsignalanlage unabhängig. Das heißt also insbesondere, dass die Restzeiten der simulierten Lichtsignalanlage nicht für eine Steuerung der realen Lichtsignalanlage verwendet werden.

[0008] Die Patentschrift DE 10 2010 052 702 B4 zeigt ein Verfahren zur Steuerung einer Lichtsignalanlage und eine zugehörige Lichtsignalanlage. Es wird der aktuelle Verkehrszustand durch Empfangen von von Fahrzeugen ausgesendeten Verkehrsdaten erfasst. Der Verkehrszustand wird verarbeitet. Ferner wird der aktuelle Zustand der Lichtsignalanlage durch eine Steuerungseinrichtung verarbeitet. Des Weiteren werden optimale Schaltzeitpunkte der Lichtsignalanlage ermittelt und ausgesendet, die von Ampelphasenassistenten der Fahrzeuge empfangen werden. Bei den ausgesendeten Schaltzeitpunkten handelt es sich primär um den nächsten Schaltzeitpunkt bzw. die verbleibende Restzeit der aktuellen Ampelphase. Es wird also die Restzeit der aktuellen Ampelphase berechnet. In den Ausführungen dieser Patentschrift ist nicht klar ob mit Phasen Phasen im Sinne der Richtlinien für Lichtsignalanlagen (RiLSA) oder Rot und Grünzeiten von Signalen verstanden werden. Im Falle von Phasen im Sinne der RiLSA können nur Restzeiten für Signale sicher vorherberechnet werden, die in der laufenden Phase grün geschaltet sind und in der nächsten Phase rot geschaltet sind, da nur die Restzeit der laufenden Phase gemeint ist. Sind mit Phasen die Rot und Grünzeiten je Signal gemeint, so erlaubt der Algorithmus keine vorab definierte Umlaufdauer, da jedes Si-

gnal mit einer Dauer entsprechend des gemessenen Verkehrs und der vorangehenden Rotzeit des Signals auf Grün geschaltet wird, wobei die Dauer der Rotzeit des Signals wiederum von den Grünzeiten der anderen Signale, mindestens den feindlichen abhängt. Insofern ist kein Verfahren beschrieben, das die Berechnung von zuverlässigen Restzeiten für Rot und Grün erlaubt, so dass für jedes Signal zu jedem Zeitpunkt eine zuverlässige Restzeit ermittelt werden kann, zumindest dann nicht, wenn die Umlaufdauer definiert sein muss. Eine für mehrere Knoten feste Umlaufdauer ist aber mindestens dann erforderlich, wenn eine Grüne Welle Schaltung angestrebt wird. Zudem ist eine feste Umlaufdauer aus Leistungsfähigkeitsgründen dann erforderlich, wenn Knoten in unmittelbarer Nachbarschaft liegen, zum Beispiel mit einem Abstand der Haltelinien von 200m oder weniger.

[0009] Die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe kann darin gesehen werden, ein Verfahren zur Steuerung einer Lichtsignalanlage bereitzustellen.

[0010] Die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe kann des Weiteren darin gesehen werden, ein Lichtsignalanlagen-Steuerungssystem zur Steuerung einer Lichtsignalanlage bereitzustellen.

[0011] Die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe kann auch darin gesehen werden, ein Computerprogramm anzugeben.

[0012] Diese Aufgaben werden mittels des jeweiligen Gegenstands der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand von jeweils abhängigen Unteransprüchen.

[0013] Nach einem Aspekt wird ein Verfahren zur Steuerung einer Lichtsignalanlage bereitgestellt, wobei

- in einem ersten Zeitintervall der Lichtsignalanlage basierend auf gemessenen Verkehrsdaten Signalzeiten einer Signalgruppe der Lichtsignalanlage für ein dem ersten Zeitintervall zeitlich folgendes zweites Zeitintervall ermittelt werden, wobei
- die ermittelten Signalzeiten ab einem vorbestimmten Zeitpunkt unverändert gehalten werden, wobei
- die Signalgruppe in dem zweiten Zeitintervall basierend auf den unverändert gehaltenen Signalzeiten gesteuert wird, so dass die Signalgruppe in dem zweiten Zeitintervall den unverändert gehaltenen Signalzeiten entsprechende Signale ausgibt,
- wobei aus den unverändert gehaltenen Signalzeiten Restzeiten für die Signalbilder der Signale ermittelt werden, sofern die Signale im zweiten Zeitintervall geschaltet werden,
- wobei der vorbestimmte Zeitpunkt derart ermittelt wird, dass für momentan laufende Signalbilder der Lichtsignalanlage die für jeden zukünftigen Zeitpunkt ermittelte Restzeiten unverändert bleiben und dass der nächste Schaltzeitpunkt eines Signals spätestens zum Zeitpunkt des vorherigen Schaltzeitpunkts vorliegt.

[0014] Gemäß einem weiteren Aspekt wird ein Licht-

signalanlagenSteuerungssystem zur Steuerung einer Lichtsignalanlage bereitgestellt, umfassend:

- eine Datenübermittlungsschnittstelle zum Übernehmen von Verkehrsdaten,
- eine Verkehrsdaten-Verarbeitungseinheit zum Ermitteln von Lichtsignalanlagen-Steuerungsdaten,
- eine Datenübergabeschnittstelle zum Übergeben der Lichtsignalanlagen-Steuerungsdaten an eine Lichtsignalanlagen-Steuerungseinheit, wobei
- die Verkehrsdaten-Verarbeitungseinheit ausgebildet ist, in einem ersten Zeitintervall der Lichtsignalanlage basierend auf gemessenen Verkehrsdaten Signalzeiten einer Signalgruppe der Lichtsignalanlage für ein dem ersten Zeitintervall zeitlich folgende zweites Zeitintervall zu ermitteln, wobei
- die Verkehrsdaten-Verarbeitungseinheit ausgebildet ist, die ermittelten Signalzeiten ab einem vorbestimmten Zeitpunkt unverändert zu halten, so dass die Signalgruppe in dem zweiten Zeitintervall basierend auf den unverändert gehaltenen Signalzeiten gesteuert werden kann, so dass die Signalgruppe in dem zweiten Zeitintervall den unverändert gehaltenen Signalzeiten entsprechende Signale ausgeben kann,
- wobei die Verkehrsdaten-Verarbeitungseinheit ausgebildet ist, aus den Signalzeiten Restzeiten für die Signalbilder der Signale zu ermitteln, sofern sie in der zweiten Umlaufzeit geschaltet werden,
- wobei die Verkehrsdaten-Verarbeitungseinheit ausgebildet ist, den vorbestimmten Zeitpunkt derart zu ermitteln, dass für momentan laufende Signalbilder die für jeden zukünftigen Zeitpunkt ermittelten Restzeiten unverändert bleiben und dass der nächste Schaltzeitpunkt eines Signals spätestens zum Zeitpunkt des vorherigen Schaltzeitpunkts vorliegt.

[0015] Nach noch einem Aspekt wird ein Computerprogramm bereitgestellt, welches Programmcode zur Durchführung des Verfahrens zur Steuerung einer Lichtsignalanlage umfasst, wenn das Computerprogramm auf einem Computer, insbesondere einer Verkehrsdaten-Verarbeitungseinheit, ausgeführt wird.

[0016] Signalbilder können beispielsweise Rot, Grün, Gelb, Rot-Gelb oder Signalaspekte für einen öffentlichen Nahverkehr oder weitere Signalaspekte, zum Beispiel akustische Signalaspekte für Verkehrsteilnehmer mit Einschränkung im Bereich des Hörens sein.

[0017] Wenn im Sinne der vorliegenden Erfindung der Begriff "Umlaufzeit" oder "Umlauf" (Umlauf und Umlaufzeit werden vorliegend synonym verwendet) verwendet wird, so soll stets der allgemeinere Begriff "Zeitintervall" mitgelesen werden und umgekehrt. Wenn im Sinne der vorliegende Erfindung von "dem vorbestimmten Zeitpunkt" geschrieben wird, so soll stets "dem spätesten Zeitpunkt" mitgelesen werden und umgekehrt. Eine Steuerung der Signalgruppe oder der Signalgruppen heißt insbesondere, dass die jeweiligen Signale der Si-

gnalgruppen gesteuert werden.

[0018] Die Erfindung umfasst also insbesondere den Gedanken, für eine zukünftige Umlaufzeit Signalzeiten einer Signalgruppe der Lichtsignalanlage zu ermitteln und diese zukünftigen Signalzeiten nach dem Ermitteln nicht mehr zu verändern, sondern unverändert zu halten. Das heißt also insbesondere, dass ab diesem Zeitpunkt die Signalzeiten der Signalgruppe für die zukünftige Umlaufzeit bereits bekannt sind. Berechnungen, die ab diesem Zeitpunkt, an dem die ermittelten Signalzeiten nicht mehr verändert werden, basierend auf diesen ermittelten Signalzeiten durchgeführt werden, behalten somit ihre Gültigkeit, da nachträglich an den ermittelten Signalzeiten nichts mehr geändert wird. Diese ermittelten Signalzeiten können somit ab dem Zeitpunkt, an dem sie nicht mehr verändert werden, als zuverlässige Basis für weitere Berechnungen, insbesondere für Restzeiten eines Signals, verwendet werden.

[0019] Dadurch, dass Verkehrsdaten zum Ermitteln der Signalzeiten verwendet werden, die gemessen wurden (beispielsweise noch in der ersten Umlaufzeit und/oder zeitlich vor dem Beginn des Ermitteln, beispielsweise in einer der ersten Umlaufzeit zeitlich vorausliegenden weiteren Umlaufzeit), können die Signalzeiten zumindest an eine Verkehrssituation angepasst werden, welche während der Messung des Verkehrs oder der Verkehrsströme vorliegt. Das heißt also insbesondere, dass die Signalzeiten nicht bereits im Voraus nach einem statischen oder festen Signalzeitenplan vorgegeben sind. Vielmehr können die Signalzeiten in vorteilhafter Weise während einer Laufzeit der Lichtsignalanlage, also während eines Betriebs der Lichtsignalanlage, an die konkret vorliegende Verkehrssituation oder an eine geschätzte oder prognostizierte zukünftige Verkehrssituation angepasst werden.

[0020] Das heißt also insbesondere, dass grundsätzlich eine adaptive Anpassung der Signalzeiten durchgeführt werden kann bis zum spätesten Zeitpunkt. Ab diesem Zeitpunkt werden die Signalzeiten für die zweite Umlaufzeit festgehalten. Das heißt also insbesondere, dass diese Signalzeiten für die zweite Umlaufzeit somit bereits im Voraus ab dem Zeitpunkt des Festhaltens oder des unverändert Haltens bekannt sind. Dadurch können in vorteilhafter Weise Restzeiten für Signale ermittelt oder berechnet werden, die den ermittelten Signalzeiten entsprechen. Denn in der Regel ist es so, dass ab dem Augenblick oder dem Zeitpunkt, ab dem eine Restzeit ermittelt und einem Verkehrsteilnehmer angezeigt wird, sich diese Restzeit üblicherweise nicht mehr verändern darf. Deshalb konnten bekannte Lichtsignalanlagen mit einer Restzeitenanzeige nicht mit einer lokalen mikroskopischen Verkehrsabhängigkeit (also mit einer Ermittlung der Signalzeiten in Abhängigkeit von gemessenen Verkehrsdaten) betrieben werden, die beispielsweise sekundlich über eine weitere Signalisierung entscheidet. Daher werden als Konsequenz im Stand der Technik bei Signalanlagen mit einer Restzeitenanzeige die Signalzeiten in Form eines Festzeitplanes oder eines statischen

Signalzeitenplanes starr, also statisch und nicht veränderbar, gewählt, wobei diese Signalzeiten gemäß dem Stand der Technik somit nicht mehr einem Verkehrsgeschehen oder einer Verkehrssituation angepasst werden.

[0021] Demgegenüber weist aber die Erfindung den Vorteil auf, dass eine Restzeitanzeige möglich ist und dennoch eine Berücksichtigung der vorliegenden oder prognostizierten Verkehrssituation bei der Berechnung oder Ermittlung der Signalzeiten möglich ist. Dies deshalb, da die ermittelten Signalzeiten von gemessenen Verkehrsdaten abhängen. Nach ihrer Ermittlung werden diese nicht mehr geändert, sodass dann auch Restzeiten für die entsprechenden Signale ermittelt oder berechnet und insbesondere auch angezeigt werden können.

[0022] Gegenüber dem vorliegenden Stand der Technik besteht der Vorteil, dass die Restzeiten nicht geschätzt sondern berechnet werden und dennoch auch die Signalzeiten verkehrsabhängig bis zu einem spätestens Zeitpunkt berechnet und so an das Verkehrsaufkommen angepasst werden können.

[0023] Die ermittelten oder berechneten Restzeiten der Signale können nach einer Ausführungsform einem Verkehrsteilnehmer bereitgestellt werden. In einer weiteren Ausführungsform können die ermittelten oder berechneten Restzeiten angezeigt werden, dies insbesondere mittels einer Restzeitenanzeigeeinrichtung, die beispielsweise einen Bildschirm aufweisen kann. Vorzugsweise ist ein Restzeitsignalgeber (oder mehrere Restzeitsignalgeber) vorgesehen, der ausgebildet ist, eine Restzeit eines Signals einer Signalgruppe anzuzeigen. Vorzugsweise ist eine Datenverbindung zwischen der Lichtsignalanlagen-Steuerungseinheit und dem Restzeitsignalgeber (oder bei mehreren Restzeitsignalgebern mehrere Datenverbindungen) vorgesehen, die entsprechende Steuerungsdaten zum Steuern des Restzeitsignalgebers an diesen übermittelt. Diese Steuerungsdaten werden vorzugsweise von der Lichtsignalanlagen-Steuerungseinheit ermittelt.

[0024] Wenn im Lichte der vorliegenden Beschreibung der Plural für die Signalzeit und für die Signale verwendet wird, so soll damit stets der Singular eingeschlossen sein und umgekehrt. Analog gilt dies für die Signalgruppen

[0025] Verkehrsdaten im Sinne der vorliegenden Erfindung beschreiben insbesondere eine Verkehrssituation und/oder eine Verkehrsnachfrage. Verkehrsdaten im Sinne der vorliegenden Erfindung können beispielsweise mittels einer Verkehrsüberwachungseinrichtung erfasst oder ermittelt werden. Eine solche Verkehrsüberwachungseinrichtung kann beispielsweise einen oder mehrere Sensoren für eine Verkehrsüberwachung umfassen. Diese Sensoren können beispielsweise Teil eines Detektors, insbesondere eines Bemessungsdetektors und/oder eines Haltelinien-detektors, sein. Solche Detektoren sind üblicherweise an einer Straße oder an einer Kreuzung oder an einer Haltelinie angeordnet und erfassen dort Fahrzeuge, die an diesen Orten vorbeifahren und/oder halten. Die Verkehrsdaten umfassen also ins-

besondere Verkehrsströme in Richtung einer Kreuzung oder eines Knotens.

[0026] Ein Knoten im Sinne der vorliegenden Erfindung ist als ein Bereich im Straßenverkehr definiert, an dem sich feindliche Verkehrsströme treffen, insbesondere kreuzen und/oder einmünden. Beispiele solcher Knoten sind Kreuzungen, Fußgängerüberwege oder Einmündungen. Man spricht von einem signalisierten Knoten, wenn ein oder mehrere Verkehrsströme an diesem Knoten durch eine Signalanlage, insbesondere eine Lichtsignalanlage, gesteuert werden. Hierbei ist der Begriff Lichtsignal nicht nur auf Lichtzeichen beschränkt, sondern es ist auch möglich, dass die Lichtzeichen durch weitere Signale wie zum Beispiel akustische Signale ergänzt werden. Deshalb werden diese nachstehend auch als Signalgeber benannt. Gerade im Bereich der Fußgängersignale werden häufig akustische und optische Signale in Kombination eingesetzt, um zum Beispiel sehbehinderten Personen die Benutzung zu erleichtern und/oder um durch eine doppelte Signalisierung eine erhöhte Aufmerksamkeit bei den Verkehrsteilnehmern zu erzielen.

[0027] Das heißt also insbesondere, dass bei der Verwendung des Begriffs "Lichtsignal" stets der allgemeinere Begriff "Signal" mitgelesen werden soll.

[0028] Das erfindungsgemäße Verfahren kann somit ein Verfahren zur Steuerung von Lichtsignalanlagen für den Straßenverkehr an einem oder mehreren signalisierten Knoten in einem Regelbereich sein. Das erfindungsgemäße Lichtsignalanlagen-Steuerungssystem kann somit ein Lichtsignalanlagen-Steuerungssystem für die Verkehrssteuerung an einem oder mehreren signalisierten Knoten in einem Regelbereich sein.

[0029] Ein Regelbereich im Sinne der vorliegenden Erfindung umfasst üblicherweise mehr als einen signalisierten Knoten und dient in der Regel dazu, die Verkehrsströme an zwei oder mehreren im Verkehrsstrom hintereinander liegenden Knoten zu steuern. Insbesondere dienen die Regelbereiche dazu, einen Verkehrsfluss in diesem zu erhöhen. Häufig wird dann auch von einer "Grüne-Welle-Schaltung" gesprochen, die grundsätzlich einen optimalen Fall einer Verkehrssteuerung darstellt. Eine Voraussetzung der grünen Welle ist die gemeinsame Umlaufdauer aller beteiligten Knoten.

[0030] Als eine Signalgruppe im Sinne der vorliegenden Erfindung wird insbesondere eine Gruppe von Lichtsignalen bezeichnet, die jeweils identische Signalisierungen besitzen. Zum Beispiel werden bei mehrstreifigen Fahrbahnen neben seitlich angebrachten Signalgebern oft auch Signalgeber über den Fahrbahnen angebracht, wobei jeweils ein Signalgeber über der Fahrbahn mit einem seitlichen Signalgeber eine Signalgruppe darstellt. Verallgemeinert spricht man immer von Signalgruppen, auch wenn es nur einen Signalgeber gibt.

[0031] Fahrstreifengruppen im Sinne der vorliegenden Erfindung sind Gruppen von Fahrstreifen, die eine homogene Signalisierung besitzen, das heißt jeder Fahrstreifen wird von denselben Signalgruppen gesteuert.

Nicht signalisierte Fahrstreifen einer Knotenzufahrt können auch zu Fahrstreifengruppen zusammengefasst werden, denen kein Signal zugeordnet ist.

[0032] Signalgruppen können insbesondere als Hauptsignalgruppen auch mehreren Fahrstreifengruppen zugeordnet sein. Neben einer Hauptsignalgruppe kann einer Fahrstreifengruppe auch ein Zusatzsignal zugeordnet sein, sodass sich die Fahrstreifengruppen dann zwar nicht durch die Hauptsignalgruppe aber durch die Zusatzsignalgruppe unterscheiden. Beispielfähig kann eine Knotenzufahrt drei Fahrstreifen besitzen, von denen zwei geradeaus und einer nach rechts geführt wird. Den beiden Fahrstreifen geradeaus ist ein dreifeldiges Hauptsignal mit Vollscheiben zugeordnet, dem Rechtsabbiegefahrstreifen dasselbe dreifeldige Hauptsignal und zusätzlich ein zweifeldiges Zusatzsignal mit Rechtsabbiegepefeilen. Daraus ergeben sich zwei Fahrstreifengruppen. Die erste bestehend aus zwei Fahrstreifen geradeaus, denen nur das Hauptsignal zugeordnet ist. Die zweite bestehend aus dem Fahrstreifen nach rechts, dem das Hauptsignal und das Zusatzsignal zugeordnet sind. Die Fahrstreifengruppen sind in der deutschsprachigen Literatur nicht explizit definiert, wohl aber im "Highway capacity manual", das unter anderem die Lichtsignalplanung und Versorgung in den USA definiert.

[0033] Nach einer Ausführungsform beruht die Wahl für zumindest einer der Umlaufzeiten, insbesondere für sämtliche Umlaufzeiten, der Lichtsignalanlage auf der kritischen Signalgruppe, also der Signalgruppe in einem Regelbereich, die den höchsten Auslastungsgrad besitzt.

[0034] Gemäß einer Ausführungsform kann vorgesehen sein, dass Verkehrsdaten für die zweite Umlaufzeit prognostiziert werden, wobei das Ermitteln der Signalzeiten abhängig von den prognostizierten Verkehrsdaten durchgeführt wird. Die gemessenen Verkehrsdaten dienen also insbesondere als Basis für eine Prädiktion von Verkehrsdaten der zweiten Umlaufzeit. Es wird also insbesondere basierend auf dem Verkehr der ersten Umlaufzeit und/oder zeitlich vorher abgeschätzt, welcher Verkehr in der zweiten Umlaufzeit vorliegen wird.

[0035] Gemäß einer Ausführungsform kann vorgesehen sein, dass Verkehrsdaten für die zweite Umlaufzeit prognostiziert werden, wobei das Ermitteln der Signalzeiten abhängig von den prognostizierten Verkehrsdaten durchgeführt wird, wobei die prognostizierten Verkehrsdaten und tatsächliche Verkehrsdaten der zweiten Umlaufzeit miteinander verglichen werden, wobei Signalzeiten der Signalgruppe für zumindest eine weitere Umlaufzeit abhängig von dem Vergleich ermittelt werden, die zeitlich nach der zweiten Umlaufzeit liegt.

[0036] Das heißt also insbesondere, dass nachträglich festgestellte Unterschiede zwischen der angenommenen oder prognostizierten Verkehrsnachfrage (Verkehrsdaten) eines Signalisierungsintervalls (zweite Umlaufzeit) und der tatsächlich eintretenden Verkehrsnachfrage (tatsächliche Verkehrsdaten der zweiten Umlaufzeit) für eine Berechnung der sich der zweiten Umlaufzeit

anschließenden Signalisierungsintervalle (weitere Umlaufzeiten) berücksichtigt werden. Somit können in vorteilhafter Weise eventuelle Abweichungen der angenommenen Verkehrsnachfrage von der tatsächlich auftretenden Verkehrsnachfrage in zukünftigen Signalisierungszeiträumen berücksichtigt werden. Dadurch kann eine verbesserte Verkehrsregelung bewirkt werden.

[0037] Nach einer Ausführungsform werden die Verkehrsdaten über ein Aggregationsintervall aggregiert.

[0038] Nach einer weiteren Ausführungsform kann vorgesehen sein, dass vor dem Ermitteln der Signalzeiten die hierfür zu verwendenden Verkehrsdaten auf ein Aggregationsintervall aggregiert werden, so dass die Signalzeiten basierend auf den aggregierten Verkehrsdaten ermittelt werden. Dadurch können in vorteilhafter Weise zeitlich lokale Schwankungen im Verkehrsstrom bezogen auf das Aggregationsintervall ausgeglichen werden. Gemäß dieser Ausführungsform kann das Aggregationsintervall auch als ein umlaufzeitbezogenes Intervall oder ein umlaufzeitbezogenes Aggregationsintervall bezeichnet werden.

[0039] In einer Ausführungsform kann vorgesehen sein, dass das Aggregationsintervall einer Umlaufzeit entspricht, insbesondere einer Umlaufzeit, die der ersten Umlaufzeit zeitlich vorausliegt, insbesondere zeitlich unmittelbar vorausliegt.

[0040] Die Verkehrsdaten werden bevorzugterweise auf ein umlaufbezogenes Aggregationsintervall aggregiert, das heißt beispielsweise, dass die während eines Umlaufs einen Detektor überfahrenden Fahrzeuge gezählt werden, um zu vermeiden, dass die Aggregation von unterschiedlichen Freigabe- und Sperrzeiten einer Signalgruppe beeinflusst wird. Würde zum Beispiel bei einem Erfassungsintervall (Zeit, in der die Fahrzeuge gezählt werden) von 60 Sekunden und einer Umlaufzeit von 120 Sekunden eine Freigabezeit von 40 Sekunden komplett in ein erstes Erfassungsintervall fallen während ein zweites Erfassungsintervall nur eine Sperrzeit dieser Signalgruppe enthält, dann wäre die gemessene Verkehrsnachfrage im ersten Intervall deutlich größer als im zweiten Intervall wenn der Detektor ein Anforderungs- oder Bemessungsdetektor ist, weil die Fahrzeuge im zweiten Intervall wegen der gesperrten Signalgruppe daran gehindert werden, den Detektor zu überfahren.

[0041] In einer anderen Ausführungsform kann vorgesehen sein, dass das Aggregationsintervall in seiner Dauer wieder einem Zeitintervall, bevorzugt einem Umlauf entspricht, wobei der Beginn des Aggregationsintervalls nicht mit dem Beginn des Umlaufs der Steuerung identisch ist, sondern nach Art eines rolling horizon um jeweils eine Phase der Lichtsignalanlage verschoben wird.

[0042] In einer weiteren Ausführungsform kann vorgesehen sein, dass das Aggregationsintervall ebenfalls nach Art eines Rolling Horizons um eine bestimmte zeitliche Dauer von beispielsweise 5s, insbesondere von 4s, vorzugsweise von 3s, insbesondere von 2s, beispielsweise von 1s, versetzt ausgewertet wird um möglichst

schnell (wenn auch zeitversetzt) auf eine Änderung im Verkehrsablauf reagieren zu können. Die vorstehend genannte bestimmte zeitliche Dauer kann insbesondere eine zeitliche Dauer von kleiner einem der vorstehend genannten Zeitangaben aufweisen.

[0043] In einer weiteren Ausführungsform kann vorgesehen sein, dass die umlaufzeitbezogenen Intervalle (oder das umlaufzeitbezogene Intervall) für die Aggregation der Verkehrsdaten der ersten Umlaufzeit abhängig von einem Parameter zeitlich vorgezogen werden, der ein Element ausgewählt aus der folgenden Gruppe von Parametern ist: Aggregationsrechenzeit, Rechenzeit für die Steuerungsdaten, insbesondere die Schaltzeiten und Restzeiten, Übertragungszeit von Lichtsignalanlagen-Steuerungsdaten von einer Datenübergabeschnittstelle an eine Lichtsignalanlagen-Steuerungseinheit, Reaktionszeit einer Lichtsignalanlagen-Steuerungseinheit in Reaktion auf empfangene Lichtsignalanlagen-Steuerungsdaten oder eine beliebige Kombination hiervon.

[0044] Das heißt also insbesondere, dass die Berechnungen und Datenübertragungen schon vor dem Beginn des dem zweiten Umlaufs, in dem die Schaltzeiten wirksam werden vorangehenden dritten Umlauf vorliegen, indem bereits die Restzeiten benötigt werden von Signalen die erst im danach folgenden zweiten Umlauf wieder umgeschaltet werden. Zum Beispiel für eine Signalgruppe, die zu Beginn des zweiten Umlaufes grüneschaltet wird, wird diese Schaltzeit schon im vorangehenden dritten Umlauf benötigt, um ab dem Rotschalten des Signals die Restzeit des Rots anzuzeigen. Somit kann dieser zeitliche Abstand optimal an den konkret vorliegenden Einzelfall angepasst werden. Es kann also somit in vorteilhafter Weise eine Rechenzeit berücksichtigt werden. Eine Rechenzeit bezeichnet insbesondere die Zeit, die für das Aggregieren der Verkehrsdaten und die Berechnung der adaptiven Signalzeiten benötigt wird. Des Weiteren kann dieser zeitliche Abstand abhängig von der Übertragungszeit von Lichtsignalanlagen-Steuerungsdaten von einer Datenübergabeschnittstelle an eine Lichtsignalanlagen-Steuerungseinheit gewählt werden. Es wird also die Zeit berücksichtigt, die für die Übertragung von Lichtsignalanlagen-Steuerungsdaten von der Datenübergabeschnittstelle an die Lichtsignalanlagen-Steuerungseinheit benötigt wird. Des Weiteren kann der zeitliche Abstand abhängig von der Reaktionszeit der Lichtsignalanlagen-Steuerungseinheit in Reaktion auf empfangene Lichtsignalanlagen-Steuerungsdaten gewählt werden. Es kann somit in vorteilhafter Weise vermieden werden, dass es zu zeitlichen Überschneidungen zwischen den umlaufzeitbezogenen Intervallen und den Umlaufzeiten kommt. Es kann somit in vorteilhafter Weise sichergestellt werden, dass nach der Aggregation noch ausreichend Zeit für die weiteren Schritte (zum Beispiel: Ermitteln der Signalzeiten und der Lichtsignalanlagen-Steuerungsdaten, Übertragen der Lichtsignalanlagen-Steuerungsdaten an die Lichtsignalanlagen-Steuerungseinheit und reagieren der Lichtsignalanlagen-

Steuerungseinheit ansprechend auf das Empfangen der Lichtsignalanlagen-Steuerungsdaten) zur Verfügung steht.

[0045] Gemäß einer Ausführungsform kann vorgesehen sein, dass die Lichtsignalanlage eine definierte oder vorbestimmte Umlaufzeit aufweist. Vorzugsweise ist die Umlaufzeit eine variable (also einstellbar, kann sich während des Betriebs der Lichtsignalanlage ändern) Umlaufzeit oder eine feste (oder fest vorgegebene, ändert sich nicht im Betrieb) Umlaufzeit. Im Betrieb der Lichtsignalanlage können sowohl variable als auch feste Umlaufzeiten vorgesehen sein.

[0046] Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann vorgesehen sein, dass eine zeitliche Dauer der Umlaufzeiten während eines Betriebs der Signalanlage abhängig von Verkehrsdaten ermittelt wird.

[0047] Das heißt also insbesondere, dass die Umlaufzeiten nicht starr oder fest vorgegeben sind, sondern vielmehr an eine konkret vorliegende Verkehrssituation oder an eine prognostizierte Verkehrssituation angepasst werden können.

[0048] In einer Ausführungsform kann vorgesehen sein, dass eine zeitliche Dauer der Umlaufzeiten während eines Betriebs der Signalanlage phasenweise ermittelt wird.

[0049] Eine Phase im Sinne der vorliegenden Erfindung ist ein bestimmter Signalisierungszustand eines bestimmten Knotens, welcher durch freigegebene Signalgruppen definiert ist.

[0050] Durch das phasenweise Verschieben der Berechnungsintervalle können zum einen weiter umlaufbezogene Verkehrsdaten und zudem kann schon nach jeder Phase auf Schwankungen im Verkehrsablauf reagiert werden.

[0051] Allgemein wird durch die vorstehend genannten Ausführungsformen der Vorteil bewirkt, dass auf Nachfrageänderungen (also insbesondere Änderungen in den Verkehrssituationen) schnellstmöglich reagiert werden kann.

[0052] Nach noch einer Ausführungsform kann vorgesehen sein, dass der zeitliche Beginn und auch das Ende der Aggregationsintervalle individuell für jede Signalgruppe der Lichtsignalanlage basierend auf einem Grünzeitbeginn für die entsprechende Signalgruppe ermittelt werden.

[0053] Dadurch können in vorteilhafter Weise Schwebungseffekte in einer Verkehrsnachfrage vermieden werden. Ähnlich wie bei nicht zur Umlaufzeit passenden Erfassungsintervalle können zumindest leichte Schwebungseffekte eintreten, wenn die Freigabezeiten der Signalgruppe sich zwischen zwei Umläufen verschieben, so dass zum Beispiel 4/3 der mittleren Freigabezeit einer Signalgruppe sich in einem ersten Intervall befindet und 2/3 in einem zweiten, dadurch bedingt, dass sich zwischen zwei Umläufen nicht nur die Freigabezeitdauer der Signalgruppe sich ändern kann, sondern auch der Beginn der Freigabe dadurch bedingt, dass sich die Signalzeiten der Signalgruppen in den vorangehenden

Phasen ändern.

[0054] Nach einer weiteren Ausführungsform kann vorgesehen sein, dass zumindest eine Anforderungsphase in zumindest einer der Umlaufzeiten vorgesehen wird, in welcher solange keine Restzeit eines Signals ermittelt wird, bis eine Phase angefordert wird. Dadurch kann die Kapazität der anderen Phasen erhöht werden, wenn die für die ausfallende Phase benötigte Zeit auf die anderen Phasen verteilt werden kann, wobei nicht nur die Phasendauer zur Verfügung steht sondern auch die Dauer des eingesparten Phasenübergangs. Sobald die Signalgruppe angefordert hat, soll sehr schnell eine Restzeit für die restliche Sperrzeit des Signals zur Verfügung stehen. Daher ist es in dieser Ausführungsform vorteilhaft, wenn die Berechnung der Signalzeiten für einen Umlauf im Voraus in sehr kurzen Zeitabständen nach Art eines Rolling Horizon berechnet wird, zum Beispiel sekundlich.

[0055] In einer anderen Ausführungsform kann vorgesehen sein, dass eine Anzahl von Umlaufzeiten zwischen der ersten Umlaufzeit und der zweiten Umlaufzeit in Abhängigkeit von einem Ort eines Verkehrsdetektors relativ zu der Lichtsignalanlage bestimmt wird.

[0056] Es werden also die Signalzeiten für die zweite Umlaufzeit soweit im Voraus berechnet oder bestimmt, dass die Restzeiten der Signale verwendet werden können, um dem sich annähernden Verkehrsteilnehmer Informationen zur Koordinierung geben zu können. Dies sowohl dem individuellen Verkehrsteilnehmer im Kontext einer grünen Welle als auch dem öffentlichen Nahverkehr im Kontext der ÖV-(Öffentlicher Verkehr)-Priorisierung.

[0057] Nach noch einer Ausführungsform kann vorgesehen sein, dass basierend auf den unverändert gehaltenen Signalzeiten eine Restzeit von zumindest einem der den unverändert gehaltenen Signalzeiten entsprechenden Signale ermittelt wird.

[0058] Das heißt also insbesondere, dass eine Berechnung oder ein Ermitteln mindestens für eine Phase oder eine Umlaufzeit im Voraus ermittelt wird, um beispielsweise eine Restdauer oder eine Restzeit von einem momentan oder aktuell freigegebenen Signal (oder mehreren aktuell oder momentan freigegebenen Signalen) (alternativ oder zusätzlich von einem aktuell oder momentan vorliegenden Rotsignal oder von mehreren aktuell oder momentan vorliegenden Rotsignalen) anzuzeigen.

[0059] Das heißt also insbesondere, dass die Berechnung oder das Ermitteln mindestens für den jeweils nächsten Umlauf oder die jeweils nächste Phase im Voraus erfolgt, um die Restdauer oder die Restzeit der gerade nicht freigegebenen Signale (oder Signal, beispielsweise ein Rotsignal) anzeigen zu können.

[0060] In einer weiteren Ausführungsform kann vorgesehen sein, dass die Berechnung, also insbesondere das Ermitteln der Signalzeiten, lokal in der Verkehrsdaten-Verarbeitungseinheit erfolgen. Lokal bedeutet hier insbesondere, dass der Lichtsignalanlage eine eigene Verkehrsdaten-Verarbeitungseinheit zugeordnet ist, die

ausschließlich zur Verarbeitung von Verkehrsdaten für diese Lichtsignalanlage bestimmt ist.

[0061] In einer weiteren Ausführungsform kann vorgesehen sein, dass die Berechnungen, also insbesondere das Ermitteln der Signalzeiten, auf einem zentralen Server erfolgen können. Ein solcher zentraler Server kann insbesondere für mehrere Lichtsignalanlagen entsprechende Verkehrsdaten verarbeiten und für die einzelnen Lichtsignalanlagen entsprechende Lichtsignalanlagen-Steuerungsdaten bilden oder ermitteln und an die entsprechenden Lichtsignalanlagen-Steuerungseinheiten der einzelnen Lichtsignalanlagen senden.

[0062] In einer Ausführungsform kann vorgesehen sein, dass die Lichtsignalanlage mehrere Signalgruppen umfasst, für die entsprechend analog jeweilige Signalzeiten ermittelt und unverändert gehalten werden.

[0063] Nach einer Ausführungsform kann vorgesehen sein, dass die Steuerung der Signalgruppe nach dem Dual Ring Konzept (auch Dual Ring Steuerungsverfahren genannt) erfolgt und Schaltzeitpunkte abhängig von Grenzen (auch "barriers" genannt) sowie abhängig von Signalgruppen adaptiert werden.

[0064] Das Dual Ring Steuerungsverfahren (oder Konzept) wird in den Vereinigten Staaten, Australien und weiten Teilen Asiens verwendet und wird anhand von FIG 5 exemplarisch wie folgt näher erläutert. Gezeigt sind 4 sich kreuzende Straßen 509, 511, 513 und 515. Die Straßen 511 und 515 entsprechen einer Hauptstraße ("Major Street"). Die Straßen 509 und 513 entsprechen einer Nebenstraße ("Minor Street").

[0065] Die Umlaufdauer wird dabei in zwei Teile unterteilt, die mit zwei Grenzen (Barrier) 501 und 503 voneinander getrennt sind. Die Signalgruppen (mit 1 bis 8 im FIG 5 durchnummeriert und auch noch teilweise mit dem griechischen Großbuchstaben Phi "Φ" gekennzeichnet.), im Amerikanischen "phase" bezeichnet und mit den Fahrstreifengruppen (lanegroups) gleichgesetzt, werden auf zwei Ringen 505 und 507 im Sinne ihrer Grünschalung angeordnet, die analog zu alten elektromechanischen Steuerungen abgearbeitet werden. Das Bezugszeichen 508 zeigt auf eine exemplarische Darstellung einer äquivalenten Dual Ring Struktur ("equivalent Dual Ring Structure") In Klammern stehen die Flussraten ("flow ratios"). Die auf einem Ring angeordnete Signalgruppe hat dann Grün wenn der "Schleifkontakt", also der augenblickliche Zeitpunkt im Umlauf innerhalb dieser Signalgruppenzuordnung liegt. Auf jeder der beiden Teilbereiche des Umlaufs können je Ring jeweils bis zu zwei Signalgruppen angelegt werden, je Teilbereich also vier wie auf der linken Seite mit den Signalgruppen 1, 2, 5, und 6 gezeigt. Die Signalgruppen innerhalb eines Teilbereichs werden dabei so angeordnet, dass die vertraglichen Signalgruppen einer Signalgruppe jeweils auf dem anderen Ring angeordnet werden, während dazu feindliche auf demselben Ring. Die an eine der beiden Grenzen (barrier) 501 und 503 stoßende Signalgruppe muss mit der Barrier enden, wobei der Zeitpunkt der Barrier als Schaltzeitpunkt der Teilbereiche adaptiv bestimmt

werden kann. Befinden sich zwei Signalgruppen auf einem Ring innerhalb eines Teilbereichs, so kann der Zeitpunkt des Umschaltens zwischen den beiden Signalgruppen ohne Rücksichten auf andere Schaltzeiten verändert werden, solange Signalmindestzeiten und Zwischenzeiten eingehalten werden. Entsprechend kann die Schaltzeit wie in FIG 5 gezeigt zwischen der Signalgruppe 2 und 1 eine andere sein als zwischen 5 und 6.

[0066] Die oben beschriebenen Eigenschaften, Merkmale und Vorteile dieser Erfindung sowie die Art und Weise, wie diese erreicht werden, werden klarer und deutlicher verständlich im Zusammenhang mit der folgenden Beschreibung der Ausführungsbeispiele, die im Zusammenhang mit den Zeichnungen näher erläutert werden, wobei

- FIG 1 ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens zur Steuerung einer Lichtsignalanlage,
 FIG 2 ein Lichtsignalanlagensteuerungssystem zur Steuerung einer Lichtsignalanlage,
 FIG 3 ein Signalzeitenplan einer Lichtsignalanlage,
 FIG 4 ein signalisierter Knoten mit einem Signalzeitenplan und
 FIG 5 das Dual Ring Konzept

zeigen.

[0067] FIG 1 zeigt ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens zur Steuerung einer Lichtsignalanlage.

[0068] In einem Schritt 101 werden in einer ersten Umlaufzeit die gemessenen Verkehrsdaten aggregiert und Signalzeiten einer Signalgruppe der Lichtsignalanlage für eine der ersten Umlaufzeit zeitlich folgende zweite Umlaufzeit zu Beginn einer dazwischen liegenden dritten Umlaufzeit noch vor dem Erreichen des spätesten Zeitpunkts ermittelt. Gemäß einem Schritt 103 werden die ermittelten Signalzeiten nach dem Ermitteln unverändert gehalten. In einem Schritt 105 wird die Signalgruppe in der zweiten Umlaufzeit basierend auf den unverändert gehaltenen Signalzeiten gesteuert, sodass die Signalgruppe in der zweiten Umlaufzeit den unverändert gehaltenen Signalzeiten entsprechende Signale ausgibt.

[0069] In einer nicht gezeigten Ausführungsform kann vorgesehen sein, dass die Lichtsignalanlage mehrere Signalgruppen umfasst, für die entsprechend analog jeweilige Signalzeiten ermittelt und unverändert gehalten werden.

[0070] In einer nicht gezeigten Ausführungsform kann vorgesehen sein, dass basierend auf den unverändert gehaltenen Signalzeiten Restzeiten der Signale (oder eine Restzeit eines Signals) ermittelt oder berechnet werden, die den unverändert gehaltenen Signalzeiten entsprechen. Wenn im Lichte der vorstehenden und nachfolgenden Beschreibung der Plural für die Restzeiten verwendet wird, so soll stets der Singular mitgelesen werden und umgekehrt.

[0071] FIG 2 zeigt ein Lichtsignalanlagen-Steuerungssystem 201 zur Steuerung einer Lichtsignalanlage (nicht gezeigt).

[0072] Das Lichtsignalanlagen-Steuerungssystem 201 umfasst eine Datenübermittlungsschnittstelle 203 zum Übernehmen von Verkehrsdaten. Diese Verkehrsdaten können insbesondere mittels einer Verkehrsüberwachungseinrichtung ermittelt oder erfasst werden und an die Datenübermittlungsschnittstelle 203 übergeben werden. Das Lichtsignalanlagen-Steuerungssystem 201 umfasst ferner eine Verkehrsdaten-Verarbeitungseinheit 205 zum Ermitteln von Lichtsignalanlagen-Steuerungsdaten. Des Weiteren umfasst das Lichtsignalanlagen-Steuerungssystem 201 eine Datenübergabeschnittstelle 207 zum Übergeben der Lichtsignalanlagen-Steuerungsdaten an eine (nicht gezeigte) Lichtsignalanlagen-Steuerungseinheit.

[0073] In einer nicht gezeigten Ausführungsform kann vorgesehen sein, dass das Lichtsignalanlagen-Steuerungssystem 201 die Lichtsignalanlagen-Steuerungseinheit umfasst.

[0074] Die Verkehrsdaten-Verarbeitungseinheit 205 ist ausgebildet, in einer ersten Umlaufzeit der Lichtsignalanlage basierend auf gemessenen Verkehrsdaten Signalzeiten einer Signalgruppe der Lichtsignalanlage für eine der ersten Umlaufzeit zeitlich folgende zweite Umlaufzeit zu ermitteln, wobei

- die Verkehrsdaten-Verarbeitungseinheit 205 ausgebildet ist, die ermittelten Signalzeiten nach dem Ermitteln unverändert zu halten, wobei
- die Verkehrsdaten-Verarbeitungseinheit 205 ausgebildet ist, Lichtsignalanlagen-Steuerungsdaten basierend auf den unverändert gehaltenen Signalzeiten zu ermitteln, so dass die Lichtsignalanlagen-Steuerungseinheit die Signalgruppe in der zweiten Umlaufzeit basierend auf den ermittelten Lichtsignalanlagen-Steuerungsdaten steuern kann, so dass die Signalgruppe in der zweiten Umlaufzeit den unverändert gehaltenen Signalzeiten entsprechende Signale ausgeben kann.

[0075] FIG 3 zeigt einen Signalzeitenplan 301 einer Lichtsignalanlage mit Signalgruppen SG1, SG2, SG3, SG4 und SG5. Hierbei befindet sich die Lichtsignalanlage an einem Knoten. Der Knoten ist somit ein signalisierter Knoten. Ferner sind in dem Signalzeitenplan 301 symbolisch als Striche 302 mit unterschiedlichen Längen Verkehrsdaten von fünf Detektoren Det1, Det2, Det3, Det4 und Det5 eingezeichnet, wobei die Striche 302 den Zeitraum markieren, den der Detektor von einem Fahrzeug belegt war. Die Belegungsdauer einer Belegung hängt damit von der Geschwindigkeit des Fahrzeugs und seiner Länge ab. Für die Erfindung werden bevorzugt Detektoren mit einer wirksamen Länge von bis zu zwei Metern eingesetzt, da diese die individuellen Fahrzeuge noch zuverlässig unterscheiden können, und so die Zählung der Verkehrsnachfrage möglich ist. Bei längeren Detektoren können Modelle eingesetzt werden, um bei längeren Belegungsdauern zu entscheiden, ob diese von einem Fahrzeug oder mehreren Fahrzeugen ausgelöst

wurden.

[0076] Die Detektoren können beispielsweise Bemessungsdetektoren, Anforderungsdetektoren oder strategische Detektoren sein. Anforderungsdetektoren liegen unmittelbar vor der Haltelinie und können nicht überfahren werden, wenn das Signal gesperrt ist. Bemessungsdetektoren liegen in einer Entfernung von ca. 3sec Fahrzeit, das heißt im Bereich von ca. 40m-60m vor der Haltelinie und können bei gesperrtem Signal nur bedingt überfahren werden, und zwar nur solange bis die Warteschlange vor dem gesperrten Signal bis zum Detektor zurückreicht. Strategische Detektoren liegen so weit vor der Haltelinie des Signals, dass die Überfahrt des Detektors durch die Sperrung des Signals nicht gehindert wird, solange der Knoten nicht überlastet (überstaut) ist. Das heißt also insbesondere, dass die Detektoren an den Straßen, die zum Knoten führen, und am Knoten selbst angeordnet sein können.

[0077] In dem Signalzeitenplan 301 sind exemplarisch drei Umlaufzeiten 303, 305 und 307 eingezeichnet. In einer nicht gezeigten Ausführungsform können mehr als drei Umlaufzeiten vorgesehen sein.

[0078] Signalpläne werden durch unterschiedliche Stricharten repräsentiert. Die durchgezogene fette Linie 309 kennzeichnet ein Rotsignal. Die Doppellinie mit Bezugszeichen 313 ein Grünsignal, das Bezugszeichen 311 mit dem Diagonalstrich kennzeichnet ein Gelbsignal und das Bezugszeichen 310 mit fetter Linie und Diagonalstrich ein Rotgelbsignal.

[0079] Exemplarisch ist weiter ein Beginn eines Rotsignals der Signalgruppe SG4 mittels eines ausgefüllten Kreises mit dem Bezugszeichen 315 eingezeichnet.

[0080] Die einzelnen Signalzeiten der Umlaufzeiten 303, 305, 307 des Signalzeitenplans 301 können in Abhängigkeit der Verkehrsdaten ermittelt werden, die mittels der fünf Detektoren ermittelt oder gebildet wurden. Solange sämtliche Signalzeiten stets in Abhängigkeit der Verkehrsdaten ermittelt werden, ist es in der Regel nicht möglich, für einzelne Signale eine Restzeit anzuzeigen. Denn wenn zum Beispiel zu einem Zeitpunkt 317 zwischen der Gelbphase und der Rotphase in der Umlaufzeit 303 eine Restzeit angezeigt werden soll, so darf diese sich aber im Nachhinein nicht noch ändern, beispielsweise verkürzen oder verlängern. Gerade dies wird aber der Fall sein, wenn die Signalzeiten basierend auf den Verkehrsdaten, die mittels der Detektoren gemessen werden, kontinuierlich, also im Betrieb, beispielsweise in sekundlichem Abstand und vorzugsweise sofort, zum Beispiel unmittelbar nach Erkennen einer Lücke seit dem letzten Fahrzeug von beispielsweise mehr als 3sec, angepasst werden. Um dennoch eine Restzeit eines Signals zu ermitteln und beispielsweise anzeigen und/oder weiteren Verkehrsteilnehmern zur Verfügung stellen zu können, ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass beispielsweise während der Umlaufzeit 303 die Verkehrsdaten aggregiert, zu Beginn der Umlaufzeit 305, die Signalzeiten der Signalgruppen für die Umlaufzeit 307 ermittelt werden und nach dem Ermitteln festgehalten, also

unverändert, gehalten werden. Dies unabhängig davon, welche Verkehrsdaten beispielsweise noch in der Umlaufzeit 305 gemessen werden. Die Signalzeiten der Signalgruppen in der Umlaufzeit 307 sind somit im Voraus bekannt. Somit können für die Umlaufzeiten 305 und 307 basierend auf den festgehaltenen Signalzeiten Restzeiten für die einzelnen Signale der Signalgruppen ermittelt oder berechnet werden. Beispielsweise kann zu Beginn einer Grünphase der Signalgruppe SG1 in der Umlaufzeit 305 die entsprechende Restzeit angezeigt werden. Der Beginn dieser Grünphase ist mit dem Bezugszeichen 319 gekennzeichnet. Das heißt also insbesondere, dass in der Umlaufzeit 307 die Signalzeiten fest und bereits bekannt sind. Diese werden sich also in der Umlaufzeit 307 nicht mehr ändern. Die Umlaufzeit 307 kann somit als die zweite Umlaufzeit bezeichnet werden. Die Umlaufzeit 303 kann somit als die erste Umlaufzeit bezeichnet werden. Die Verkehrsdaten, die zu Beginn der dritten Umlaufzeit 305 oder zum Ende der ersten Umlaufzeit 303 zum Ermitteln der Signalzeiten verwendet werden, können vorzugsweise in der ersten Umlaufzeit 303 ermittelt werden. Der Beginn einer Rotphase in der Umlaufzeit 305 ist mit Bezugszeichen 321 gekennzeichnet. Der späteste Zeitpunkt liegt vor diesem Beginn 321 dieser Rotphase, so dass eine Restzeit für dieses Rotsignal ermittelt und angezeigt werden kann.

[0081] In einer nicht gezeigten Ausführungsform kann vorgesehen sein, dass die Verkehrsdaten, die in der zweiten Umlaufzeit 307 aus Messung ermittelt werden, mit den prognostizierten Verkehrsdaten verglichen werden, die in der ersten Umlaufzeit 303 für die zweite Umlaufzeit 307 berechnet oder ermittelt wurden, um die entsprechenden Signalzeiten für die zweite Umlaufzeit 307 zu ermitteln. Sollten sich hier Unterschiede ergeben, so werden diese für eine Ermittlung oder ein Ermitteln von Signalzeiten von weiteren Umlaufzeiten berücksichtigt, die zeitlich nach der zweiten Umlaufzeit 307 liegen.

[0082] In einer nicht gezeigten Ausführungsform kann vorgesehen sein, dass zwischen der ersten Umlaufzeit 303 und der zweiten Umlaufzeit 307 mehr als eine Umlaufzeit liegen.

[0083] FIG 4 zeigt einen signalisierten Knoten 401.

[0084] Gezeigt sind vier sich kreuzende Straßen 403, 405, 407 und 409. Es sind 6 Signalgruppen SG1, SG2, SG3, SG4, SG5 und SG6 vorgesehen. Ferner sind 6 Detektoren Det1, Det2, Det3, Det4, Det5 und Det6 vorgesehen. Eingezeichnet sind ferner Pfeile auf den Straßen und Signalgruppen, um eine zu fahrende Fahrtrichtung anzuzeigen.

[0085] FIG 4 zeigt ferner einen Signalplan 301 für die Lichtsignalanlage des signalisierten Knotens 401. Der Signalplan 301 gemäß FIG 4 ist im Wesentlichen analog zu dem Signalplan 301 gemäß FIG 3 gebildet. Auf die entsprechenden Ausführungen kann verwiesen werden. Zusätzlich zeigt noch das Bezugszeichen 411 auf einen Phasenverlauf. Der Übersicht halber sind die einzelnen Signalzeiten für die Umlaufzeiten 305 und 307 nicht eingezeichnet.

[0086] Das Bezugszeichen 413 zeigt auf ein Aggregationsintervall, das der Umlaufzeit 303 entspricht. Das heißt, dass die Verkehrsdaten 302, die während der Umlaufzeit 303 ermittelt wurden, aggregiert werden. Das Aggregationsintervall ist somit ein umlaufbezogenes Aggregationsintervall.

[0087] Das Bezugszeichen 415 zeigt auf ein Berechnungsintervall, in welchem Signalzeiten für die Umlaufzeit 307 ermittelt werden. Das Berechnungsintervall 415 liegt in der Umlaufzeit 305. In der Umlaufzeit 305 werden also während des Berechnungsintervalls die Signalzeiten für die Umlaufzeit 307 (das zeigt symbolisch der Pfeil mit dem Bezugszeichen 417 an) ermittelt.

[0088] Dies basierend auf Verkehrsdaten, die in der Umlaufzeit 303 ermittelt wurden. Nach dem Ermitteln der Signalzeiten werden diese nicht mehr geändert, also unverändert gehalten. In der Umlaufzeit 307 werden somit die Signalgruppen entsprechend den unverändert gezeigten Signalzeiten gesteuert. Dies also in einem Steuerungsintervall 419, das der Umlaufzeit 307 entspricht.

[0089] Das Bezugszeichen 421 zeigt ein um eine Phase verschobenes Aggregationsintervall. Die Berechnung erfolgt im ebenfalls um eine Phase verschobenen Berechnungsintervall 423, in welchem Signalzeiten für eine ebenfalls verschobene Umlaufzeit 419a ermittelt werden, die für die Dauer von einer Phase nicht mehr geändert werden, so dass die Signalgruppen entsprechend den unverändert gehaltenen Signalzeiten gesteuert werden und in den Zeiträumen 417 und 423 die Restzeiten der Signale berechnet werden können. Auf diese Weise können nach jeder Phase Änderungen im Verkehrsablauf ermittelt und Signalzeiten für den Zeitraum nach dem Ablauf der Dauer eines Umlaufs berechnet werden. Bei diesem Ansatz werden die Signalzeiten nach der Berechnung nur insoweit unverändert gehalten, als dass sie bereits zur Berechnung von Restzeiten verwendet werden. Bei üblichen Phasenfolgen ist dies der Zeitraum der ersten Phase des Zeitraums, der einen Umlauf nach dem Ende des Aggregationsintervalls beginnt, in FIG 4 also die erste Phase des Intervalls 419a.

[0090] Das Bezugszeichen 425 zeigt auf ein um eine bestimmte Zeitdauer, hier 1 s, verschobenes Aggregationsintervall.

Das Bezugszeichen 427 zeigt analog zu den Bezugszeichen 415 und 423 auf ein Berechnungsintervall, in welchem Signalzeiten für das Intervall 419b ermittelt werden, so dass die Restzeiten der Signalgruppen in den Zeitbereichen 417 und 427 berechnet werden können. In dieser Ausführungsform werden die Signalzeiten nach jeder Sekunde erneut gerechnet jeweils für einen Zeitraum nach der Dauer eines Umlaufs nach der Berechnung startet, wobei nur solche Signalzeiten geändert werden, die noch nicht zur Restzeitenanzeige oder für andere Anwendungen verwendet werden.

[0091] Das Bezugszeichen 429 zeigt exemplarisch auf ein Aggregationsintervall, welches einem zeitlich folgenden Steuerungsintervall 431 zeitlich um eine bestimmte zeitliche Dauer 433 vorgezogen wurde, insbesondere

um eine Rechenzeit, die benötigt wird, um basierend auf den aggregierten Verkehrsdaten die entsprechenden Lichtsignalanlagen-Steuerungsdaten zu ermitteln. Die Lichtsignalanlagen-Steuerungsdaten gemäß der Zeit 433 dienen zur Steuerung der Lichtsignalanlage in einem Steuerungsintervall 435, welches unmittelbar dem Steuerungsintervall 431 folgt. Das heißt also, dass die Aggregationsintervall und die Steuerungsintervall jeweils um eine vorgegebene zeitliche Dauer versetzt sind, das Aggregationsintervall wird entsprechend der zeitlichen Dauer vorgezogen. Diese zeitliche Dauer hängt insbesondere von der Rechenzeit ab und/oder von einem Parameter, wie er vorstehend bereits erläutert wurde, also zum Beispiel: Aggregationszeit, Übertragungszeit von Lichtsignalanlagen-Steuerungsdaten von einer Datenübergabeschnittstelle 207 an eine Lichtsignalanlagen-Steuerungseinheit, Reaktionszeit einer Lichtsignalanlagen-Steuerungseinheit in Reaktion auf empfangene Lichtsignalanlagen-Steuerungsdaten oder eine beliebige Kombination hiervon.

[0092] Nach einer Ausführungsform wird je Umlaufzeit der späteste Zeitpunkt ermittelt, ab welchem die Schaltzeiten des folgenden Umlaufs nicht mehr verändert werden dürfen. Dies ist der früheste Zeitpunkt an dem ein Signal geschaltet wird und dann im Rest des Umlaufs nicht mehr geschaltet wird (Grünende von Signal 1 und 2 im Umlauf 303).

[0093] In einer weiteren Ausführungsform wird eine Anzahl von Umlaufzeiten (303, 305, 307) zwischen der ersten Umlaufzeit und der zweiten Umlaufzeit eingefügt, um die Signalzeiten noch weiter in der Zukunft festzulegen, zum Beispiel für Einsatzfahrzeuge, Fahrzeuge des öffentlichen Nahverkehrs und für individuelle Verkehrsteilnehmer im Kontext einer grünen Welle. Die Erfindung betrifft also zusammenfassend insbesondere ein Verfahren zur Steuerung von Lichtsignalgruppen in dem Signalzeiten unter Verwendung von Verkehrsdaten berechnet werden und diese Signaldaten bis zu einem spätestens Zeitpunkt berechnet werden und dann nicht mehr verändert werden. Vom bekannten Stand der Technik zur Schätzung von Signalzeiten und Restzeiten unterscheidet sich die Erfindung insbesondere dadurch, dass die Signalzeiten nicht geschätzt sondern berechnet werden. Vom bekannten Stand der Technik zur Restzeitenanzeige unterscheidet sich die Erfindung insbesondere dadurch, dass die Signalzeiten während dem Betrieb der Lichtsignalanlage auf Basis der Verkehrsdaten adaptiv ermittelt werden.

[0094] Eine Ausführungsform umfasst eine Anzeige und/oder eine Verwendung von Restzeiten der signalisierten Signalbilder, indem die Verkehrsdaten in einem Umlauf aggregiert werden und in einem ersten Umlauf Signalzeiten für einen zweiten Umlauf (Umlaufzeit) berechnet werden, der zeitlich nach dem ersten Umlauf, insbesondere unmittelbar zeitlich nach einem dem ersten Umlauf folgenden dritten Umlauf, liegt. Die Berechnung und Übertragung erfolgt beispielsweise jeweils in der Zeit des Phasenübergangs, wenn der Umlauf (Um-

laufzeit) mit dem Phasenübergang in die erste Phase der Phasenfolge startet. Wird der Umlauf anders definiert, so kann beispielsweise eine weitere unten angegebene Ausführungsform verwendet werden.

[0095] Eine weitere Ausführungsform zur Anzeige und/oder Verwendung der Signalbildrestzeiten ermittelt Umlauf ähnliche Intervalle nach Art eines Rolling Horizon, indem nach jeder Phase ein um die Dauer der Phase verschobener erstes Intervall zu Ende ist und aus den für dieses Intervall aggregierten Verkehrsdaten die Signalzeiten eines zweiten Intervalls berechnet werden, der sich unmittelbar an ein drittes Intervall zwischen dem ersten und zweiten Intervall anschließt. Die so definierten Intervalle besitzen die Länge eines Umlaufs, sind aber zu diesem verschoben. Der Vorteil dieses Verfahrens ist, dass nach jeder Phase auf eine Änderung in der Verkehrsnachfrage reagiert werden kann, wobei die daraus berechneten Signalzeiten frühestens im zweiten Intervall verwendet werden. Nach jeder Phase läuft der Phasenübergang ab; in dieser Zeit können die Berechnungen und die Übertragung der Signalzeiten erfolgen. Für den Fall dass die Dauern des Phasenübergangs nicht ausreichen wird eine weitere nachstehend beschriebene Ausführungsform verwendet.

[0096] Diese weitere Ausführungsform zur Anzeige und Verwendung der Signalbildrestzeiten verwendet ebenfalls diesen Ansatz der Intervalle, die aber sehr häufig berechnet werden zum Beispiel sekundlich anstatt nur nach jeder Phase. Der Vorteil dieser Ausführungsform ist, dass auch Signale, die nur auf Anforderung und nicht in jedem Umlauf freigegeben werden berücksichtigt werden können, berücksichtigt werden können, wenn die Restzeiten für das nicht freigegebene Signal (Rot) nur dann angezeigt wird, wenn das Signal angefordert ist. Die sekundliche Bearbeitung stellt sicher, dass nach der Anforderung möglichst schnell eine Restzeit berechnet und angezeigt werden kann.

[0097] Eine weitere Ausführungsform des Verfahrens erlaubt die Koordinierung von Fahrzeugen, zum Beispiel im Rahmen einer grünen Welle, im Rahmen einer Priorisierung des öffentlichen Nahverkehrs (Bus, Tram) für Einsatzfahrzeuge wie Ambulanz, Feuerwehr, Polizei und VIP. In diesem Fall müssen die Signalzeiten weiter oder weniger weit im Voraus berechnet werden, abhängig von der jeweiligen Planung und dem Ort, an dem die Fahrzeuge sich bei der Berechnung der Signalzeiten anmelden. Die Signalzeiten müssen wenigstens soweit im Voraus berechnet werden, dass den Fahrzeugen ab ihrer Anmeldung die Information gegeben werden kann, ob und bei welcher Geschwindigkeit sie Freigabe bekommen. Geschieht die Anmeldung schon mehrere Umläufe vor dem Umlauf zu dem ihre Freigabe erfolgen soll können spezielle Phasen und Signalabläufe zur Vorbereitung geschaltet werden, um zu vermeiden, dass die Fahrzeuge von anderen Verkehrsteilnehmern behindert werden, indem voraus fahrende Fahrzeuge vorab abfließen können und in die Route einbiegende Fahrzeuge am Einbiegen gehindert werden.

[0098] In einer weiteren Ausführungsform, die mit den oben genannten Ausführungsformen kombiniert werden kann, wird das erste Intervall, dessen Verkehrsdaten aggregiert werden, soweit nach vorne gelegt, dass in der gewonnenen Zeit die Aggregation der Verkehrsdaten und die Berechnung der Signalzeiten durchgeführt werden kann, die Signale an die Signalbildbearbeitung übermittelt und rechtzeitig signalisiert werden kann. Dadurch wird verhindert, dass Signalzeiten aufgrund von systembedingten Rechenzeiten nicht mehr rechtzeitig umgesetzt werden können.

[0099] In einer Ausführungsform werden aus den bis zum Ende des ersten Intervalls erhobenen Verkehrsdaten die Verkehrsnachfragen für das zweite Intervall prognostiziert. Vorteil hiervon ist, dass zum Beispiel schneller auf Steigerungen der Nachfrage reagiert werden kann, wenn der Trend der Nachfrage für eine Extrapolation verwendet wird.

[0100] In einer weiteren Ausführungsform werden die während des zweiten Intervalls gemessenen Verkehrsnachfragen (Verkehrsdaten) mit den prognostizierten Verkehrsnachfragen (Verkehrsdaten) verglichen um dann zum Ende dieses zweiten Intervalls, das jetzt das erste Intervall der Verkehrsdatenaggregation und Signalzeitenberechnung ist, die Signalzeiten für das nächste zweite Intervall zu berechnen und in der Berechnung die Differenz aus Prognose einfließen zu lassen, insbesondere dahin gehend, dass die Signalzeiten zusätzlich um den Anteil erhöht werden, der benötigt wird um die Differenz aus Prognose und Messung der Verkehrsnachfrage zu bedienen, wenn die gemessene Verkehrsnachfrage höher war als die gemessene und wegen zu kurzer Signalzeiten im vergangenen Intervall zu erwarten ist, dass nicht die ganze Verkehrsnachfrage mit Freigabezeit bedient worden ist.

[0101] Weitere Ausführungsformen mit unterschiedlichen Anforderungen an die Vorausberechnung der Signalzeiten kann der Fachmann ableiten, wie zum Beispiel zur Übergabe von Signalzeiten an Fahrzeuge für deren Motorsteuerung, oder zur Übergabe von Signalzeiten an Verkehrsteilnehmern zur Berechnung einer optimalen Bewegungstrajektorie (zum Beispiel in Form einer empfohlenen Geschwindigkeit).

[0102] Obwohl die Erfindung im Detail durch das bevorzugte Ausführungsbeispiel näher illustriert und beschrieben wurde, so ist die Erfindung nicht durch die offenbarten Beispiele eingeschränkt und andere Variationen können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzzumfang der Erfindung zu verlassen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung einer Lichtsignalanlage, wobei

- in einem ersten Zeitintervall der Lichtsignalanlage basierend auf gemessenen Verkehrsdaten

- (302) Signalzeiten einer Signalgruppe (SG1, SG2, SG3, SG4) der Lichtsignalanlage für ein dem ersten Zeitintervall zeitlich folgendes zweites Zeitintervall ermittelt werden,
 - wobei die ermittelten Signalzeiten ab einem vorbestimmten Zeitpunkt unverändert gehalten werden (103),
 - wobei die Signalgruppe (SG1, SG2, SG3, SG4) in dem zweiten Zeitintervall basierend auf den unverändert gehaltenen Signalzeiten gesteuert wird, so dass die Signalgruppe (SG1, SG2, SG3, SG4) in dem zweiten Zeitintervall den unverändert gehaltenen Signalzeiten entsprechende Signale ausgibt,
 - wobei aus den unverändert gehaltenen Signalzeiten Restzeiten für die Signalbilder der Signale ermittelt werden, sofern die Signale im zweiten Zeitintervall geschaltet werden,
 - wobei der vorbestimmte Zeitpunkt derart ermittelt wird, dass für momentan laufende Signalbilder der Lichtsignalanlage die für jeden zukünftigen Zeitpunkt ermittelten Restzeiten unverändert bleiben und dass der nächste Schaltzeitpunkt eines Signals spätestens zum Zeitpunkt des vorherigen Schaltzeitpunkts vorliegt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Lichtsignalanlage eine definierte Umlaufzeit aufweist.
 3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei eine zeitliche Dauer der Umlaufzeiten (303, 305, 307) während eines Betriebs der Signalanlage abhängig von Verkehrsdaten (302) ermittelt wird.
 4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, wobei das erste und/ oder das zweite Zeitintervall einer Umlaufzeit entspricht respektive entsprechen.
 5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei der vorbestimmte Zeitpunkt für Schaltzeiten in einer Umlaufzeit der früheste Zeitpunkt ist, zu dem ein Signal in der vorhergehenden Umlaufzeit auf Rot (gesperrt) geschaltet wird (= Ende der Signalgruppe), das in derselben vorhergehenden Umlaufzeit nicht noch einmal auf Grün (freigegeben) geschaltet wird.
 6. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei je eine vorbestimmte Zeitdauer, vorzugsweise je Sekunde, ermittelt wird, für welche Signalschaltzeiten die vorbestimmten Zeitpunkte noch nicht abgelaufen sind, so dass die Signalschaltzeiten noch verändert und adaptiert werden können, um die Zeitintervalle nach Art eines Rolling Horizon um je die vorbestimmte Zeitdauer zu verschieben, um schneller auf Änderungen im Verkehrsablauf reagieren zu können.
 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Steuerung der Signalgruppen phasenorientiert erfolgt und eine Berechnung der Schaltzeitpunkte auf Basis von Schaltzeitpunkten von Phasenübergängen erfolgt.
 8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei der vorbestimmte Zeitpunkt eines Zeitintervalls das Ende der frühesten Phase des vorhergehenden Zeitintervalls ist, zu dem ein Signal auf Rot (gesperrt) geschaltet wird, das in demselben vorgehenden Zeitintervall nicht noch einmal auf Grün (freigegeben) geschaltet wird.
 9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei je vorbestimmte Zeitdauer, vorzugsweise je Sekunde, ermittelt wird, für welchen Schaltzeitpunkt eines Phasenübergangs der vorbestimmte Zeitpunkt noch nicht abgelaufen ist und entsprechend noch verändert und adaptiert werden kann, um die Zeitintervalle nach Art eines Rolling Horizon um je die vorbestimmte Zeitdauer zu verschieben, um schneller auf Änderungen im Verkehrsablauf reagieren zu können.
 10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Steuerung der Signalgruppen nach dem Dual Ring Konzept erfolgt und Schaltzeitpunkte für die Grenzen sowie die Signalgruppen adaptiert werden.
 11. Verfahren nach Anspruch 10, wobei der vorbestimmte Zeitpunkt eines Zeitintervalls der früheste Zeitpunkt des vorhergehenden Zeitintervalls ist, zu dem ein Signal auf Rot (gesperrt) geschaltet wird, das in demselben vorhergehenden Zeitintervall nicht noch einmal auf Grün (freigegeben) geschaltet wird.
 12. Verfahren nach Anspruch 10 und 11, wobei je vorbestimmte Zeitdauer, vorzugsweise je Sekunde, ermittelt wird, für welchen Schaltzeitpunkt einer Grenze der späteste Zeitpunkt noch nicht abgelaufen ist und entsprechend noch verändert und adaptiert werden kann, indem für alle betroffenen Signalgruppen jeweils der vorbestimmte Zeitpunkt berechnet wird und der früheste der sich so ergebenden vorbestimmten Schaltzeitpunkte der Signalgruppen der zeitlich späteste Zeitpunkt der Grenze ist, um die Zeitintervalle nach Art eines Rolling Horizon um je die vorbestimmte Zeitdauer zu verschieben, um schneller auf Änderungen im Verkehrsablauf reagieren zu können.
 13. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei Verkehrsdaten für das zweite Zeitintervall prognostiziert werden, wobei das Ermitteln der Signalzeiten (101) abhängig von den prognostizierten Verkehrsdaten durchgeführt wird, wobei die prognostizierten Verkehrsdaten und tatsächliche Verkehrsdaten des zweiten Zeitintervalls miteinander verglichen werden, wobei Signalzeiten der Signalgruppe (SG1, SG2, SG3, SG4) für zumindest ein weiteres Zeitin-

tervall abhängig von dem Vergleich ermittelt werden, das zeitlich nach dem zweiten Zeitintervall liegt.

14. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei ein Aggregationsintervall, über welches die Verkehrsdaten (302) aggregiert werden, dem ersten Zeitintervall (303) abhängig von einem Parameter zeitlich vorgezogen wird, der zumindest ein Element ausgewählt aus der folgenden Gruppe von Parametern ist: Aggregationszeit, Berechnungsdauer für adaptive Schaltzeiten, Übertragungszeit von Lichtsignalanlagen-Steuerungsdaten von einer Datenübergabeschnittstelle (207) an eine Lichtsignalanlagen-Steuerungseinheit, Reaktionszeit einer Lichtsignalanlagen-Steuerungseinheit in Reaktion auf empfangene Lichtsignalanlagen-Steuerungsdaten oder eine beliebige Kombination hiervon. 5 10 15
15. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei bei der Berechnung der Schaltzeitpunkte eine Koordinierung zu Signalgruppen von Nachbarknoten berücksichtigt wird. 20
16. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche soweit rückbezogen auf Anspruch 14, wobei eine zeitliche Dauer des Aggregationsintervalls individuell für jede Signalgruppe (SG1, SG2, SG3, SG4) der Lichtsignalanlage von Grünzeitbeginn bis Grünzeitbeginn der entsprechenden Signalgruppe (SG1, SG2, SG3, SG4,) ermittelt wird. 25 30
17. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei zumindest für ein Signal in zumindest einer der Zeitintervalle (303, 305, 307) solange keine Restzeit ermittelt wird, bis das Signal angefordert wird. 35
18. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei eine Anzahl von Zeitintervallen (303, 305, 307) zwischen dem ersten Zeitintervall und dem zweiten Zeitintervall eingefügt wird, um die Signalzeiten noch weiter in der Zukunft festzulegen. 40
19. Lichtsignalanlagen-Steuerungssystem (201) zur Steuerung einer Lichtsignalanlage, umfassend: 45
- eine Datenübermittlungsschnittstelle (203) zum Übernehmen von Verkehrsdaten (302),
 - eine Verkehrsdaten-Verarbeitungseinheit (205) zum Ermitteln von Lichtsignalanlagen-Steuerungsdaten, 50
 - eine Datenübergabeschnittstelle (207) zum Übergeben der Lichtsignalanlagen-Steuerungsdaten an eine Lichtsignalanlagen-Steuerungseinheit, wobei
 - die Verkehrsdaten-Verarbeitungseinheit (205) ausgebildet ist, in einem ersten Zeitintervall der Lichtsignalanlage basierend auf gemessenen 55

Verkehrsdaten (302) Signalzeiten einer Signalgruppe (SG1, SG2, SG3, SG4) der Lichtsignalanlage für ein dem ersten Zeitintervall zeitlich folgende zweites Zeitintervall zu ermitteln, wobei

- die Verkehrsdaten-Verarbeitungseinheit (205) ausgebildet ist, die ermittelten Signalzeiten ab einem vorbestimmten Zeitpunkt unverändert zu halten, so dass die Signalgruppe (SG1, SG2, SG3, SG4) in dem zweiten Zeitintervall basierend auf den unverändert gehaltenen Signalzeiten gesteuert werden kann, so dass die Signalgruppe (SG1, SG2, SG3, SG4) in dem zweiten Zeitintervall den unverändert gehaltenen Signalzeiten entsprechende Signale ausgeben kann,
- wobei die Verkehrsdaten-Verarbeitungseinheit (205) ausgebildet ist, aus den Signalzeiten Restzeiten für die Signalbilder der Signale zu ermitteln, sofern sie in der zweiten Umlaufzeit geschaltet werden,
- wobei die Verkehrsdaten-Verarbeitungseinheit (205) ausgebildet ist, den vorbestimmten Zeitpunkt derart zu ermitteln, dass für momentan laufende Signalbilder die für jeden zukünftigen Zeitpunkt ermittelten Restzeiten unverändert bleiben und dass der nächste Schaltzeitpunkt eines Signals spätestens zum Zeitpunkt des vorherigen Schaltzeitpunkts vorliegt.

20. Computerprogramm, umfassend Programmcode zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 18, wenn das Computerprogramm auf einem Computer ausgeführt wird.

Claims

1. Method for controlling a light signal system, wherein
- in a first time interval of the light signal system, signal times of a signal group (SG1, SG2, SG3, SG4) of the light signal system are determined for a second time interval which follows the first time interval in terms of time on the basis of measured traffic data (302),
 - wherein the determined signal times remain unchanged from a predetermined time instant (103),
 - wherein the signal group (SG1, SG2, SG3, SG4) in the second time interval is controlled on the basis of the signal times remaining unchanged, so that the signal group (SG1, SG2, SG3, SG4) in the second time interval outputs signals corresponding to the signal times remaining unchanged,
 - wherein remaining times for the signal images of the signals are determined from the signal

- times remaining unchanged, provided the signals are switched in the second time interval, - wherein the predetermined time instant is determined such that for currently running signal images of the light signal system, the remaining times determined for each future time instant remain unchanged and that the next switching time instant of a signal is present at the latest at the time instant of the preceding switching time instant.
2. Method according to claim 1, wherein the light signal system has a defined cycle time.
 3. Method according to claim 2, wherein a temporal duration of the cycle times (303, 305, 307) during operation of the signal system is determined as a function of traffic data (302).
 4. Method according to claim 2 or 3, wherein the first and/or the second time interval correspond(s) to a cycle time, respectively.
 5. Method according to claim 4, wherein the predetermined time instant for switching times in a cycle time is the earliest time instant at which a signal in the preceding cycle time is switched (blocked) to red (=end of the signal group), said signal not being switched again to green (released) in the same preceding cycle time.
 6. Method according to one of the preceding claims, wherein for each one predetermined time duration, preferably each second, it is determined for which signal switching times the predetermined time instants have not yet expired so that the signal switching times can still be changed and adapted in order to shift the time intervals in the manner of a rolling horizon by in each case the predetermined time duration in order to be able to respond more quickly to changes in the traffic sequence.
 7. Method according to one of claims 1 to 4, wherein the control of the signal groups is carried out in a phase-oriented manner and a calculation of the switching time instants is carried out on the basis of switching time instants of phase transitions.
 8. Method according to claim 7, wherein the predetermined time instant of a time interval is the end of the earliest phase of the preceding time interval, at which a signal is switched (blocked) to red, said signal not being switched again to green (released) in the same preceding time interval.
 9. Method according to claim 8, wherein for each predetermined time duration, preferably each second, it is determined for which switching time instant of a phase transition the predetermined time instant has not yet expired and can still be changed and adapted accordingly, in order to shift the time intervals in the manner of a rolling horizon by in each case the predetermined time duration in order to be able to respond more quickly to changes in the traffic sequence.
 10. Method according to one of claims 1 to 4, wherein control of the signal groups is carried out according to the dual-ring concept and switching time instants for the limits and the signal groups are adapted.
 11. Method according to claim 10, wherein the predetermined time instant of a time interval is the earliest time instant of the preceding time interval, at which a signal is switched (blocked) to red, said signal not being switched again to green (released) in the same preceding time interval.
 12. Method according to claim 10 and 11, wherein for each predetermined time duration, preferably each second, it is determined for which switching time instant of a limit the latest time instant has not yet expired and can still be changed and adapted accordingly, by the predetermined time instant being calculated for all affected signal groups in each case and the earliest of the thus resultant predetermined switching time instants of the signal groups being the temporally latest time instant of the limit in order to shift the time intervals in the manner of a rolling horizon by in each case the predetermined time duration in order to be able to respond more quickly to changes in the traffic sequence.
 13. Method according to one of the preceding claims, wherein traffic data is predicted for the second time interval, wherein the signal times (101) are determined as a function of the predicted traffic data, wherein the predicted traffic data and actual traffic data of the second time interval are compared with one another, wherein signal times of the signal group (SG1, SG2, SG3, SG4) are determined for at least one further time interval as a function of the comparison, which comes after the second time interval in terms of time.
 14. Method according to one of the preceding claims, wherein an aggregation interval, by way of which the traffic data (302) is aggregated, is preferred to the first time interval (303) in terms of time as a function of a parameter, which is at least one element selected from the following group of parameters: aggregation time, calculation duration for adaptive switching times, transmission time of light signal system control data from a data transfer interface (207) to a light signal system control unit, response time of a light signal system control unit in response to received

light signal system control data or any combination hereof.

15. Method according to one of the preceding claims, wherein a coordination to signal groups of neighbouring nodes is taken into account when the switching time instants are calculated. 5

16. Method according to one of the preceding claims, insofar as it relates back to claim 14, wherein a temporal duration of the aggregation interval is determined individually for each signal group (SG1, SG2, SG3, SG4) of the light signal system of green time start to green time start of the corresponding signal group (SG1, SG2, SG3, SG4). 10

17. Method according to one of the preceding claims, wherein no remaining time is determined until the signal is requested, at least for one signal in at least one of the time intervals (303, 305, 307). 15

18. Method according to one of the preceding claims, wherein a number of time intervals (303, 305, 307) is added between the first time interval and the second time interval in order to fix the signal times even further in the future. 20

19. Light signal system control system (201) for controlling a light signal system, comprising: 25

- a data transmission interface (203) for taking over traffic data (302),
- a traffic data processing unit (205) for determining light signal system control data,
- a data transfer interface (207) for transferring the light signal system control data to a light signal system control unit, wherein 30

- the traffic data processing unit (205) is embodied, in a first time interval of the light signal system to determine signal times of a signal group (SG1, SG2, SG3, SG4) of the light signal system for a second time interval which follows the first time interval in terms of time on the basis of measured traffic data (302), wherein 35

- the traffic data processing unit (205) is embodied to keep the determined signal times unchanged from a predetermined time instant so that the signal group (SG1, SG2, SG3, SG4) in the second time interval can be controlled on the basis of the signal times remaining unchanged, so that the signal group (SG1, SG2, SG3, SG4) can output signals corresponding to the signal times remaining unchanged in the second time interval, 40
- wherein the traffic data processing unit (205) 45

is embodied to determine remaining times for the signal images of the signals from the signal times, insofar as they are switched in the second cycle time,

- wherein the traffic data processing unit (205) is embodied to determine the predetermined time instant such that the remaining times determined for each future time instant remain unchanged for currently running signal images and that the next switching time instant of a signal is present at the latest at the time instant of the preceding switching time instant.

20. Computer program, comprising program code for carrying out the method according to one of claims 1 to 18, when the computer program is executed on a computer.

Revendications

1. Procédé de commande d'un dispositif de signalisation lumineux, dans lequel

- dans un premier intervalle de temps du dispositif de signalisation lumineux, on détermine, sur la base de données (302) de trafic mesurées, des temps de signalisation d'un groupe (SG1, SG2, SG3, SG4) de signaux du dispositif de signalisation lumineux pendant un deuxième intervalle de temps suivant dans le temps le premier intervalle de temps,

- dans lequel on maintient (103) inchangés, à partir d'un instant défini à l'avance, les temps de signalisation déterminés,

- dans lequel on commande le groupe (SG1, SG2, SG3, SG4) de signaux dans le deuxième intervalle de temps, sur la base des temps de signalisation maintenus inchangés, de manière à ce que le groupe (SG1, SG2, SG3, SG4) de signaux émette, dans le deuxième intervalle de temps, des signalisations correspondant aux temps de signalisation maintenus inchangés,

- dans lequel on détermine, à partir des temps de signalisation maintenus inchangés, des temps restants pour les formeurs des signalisations pour autant que les signalisations sont mises dans le deuxième intervalle de temps,

- dans lequel on détermine l'instant défini à l'avance, de manière à ce que, pour des formeurs de signalisation en cours de fonctionnement du dispositif de signalisation lumineux, les temps restants déterminés pour chaque instant à venir restent inchangés, et de manière à ce que l'instant suivant de coupure d'une signalisation se trouve, au plus tard, à l'instant de l'instant précédent de coupure de la signalisation 50

2. Procédé suivant la revendication 1, dans lequel le dispositif de signalisation lumineuse a un temps de rotation défini.
3. Procédé suivant la revendication 2, dans lequel on détermine une durée dans le temps des temps (303, 305, 307) de rotation pendant un fonctionnement du dispositif de signalisation en fonction de données (302) de trafic.
4. Procédé suivant la revendication 2 ou 3, dans lequel le premier et/ou le deuxième intervalle de temps correspond, respectivement, correspondent à un temps de rotation.
5. Procédé suivant la revendication 4, dans lequel l'instant défini à l'avance, pour des temps de coupure dans un temps de rotation, est l'instant le plus tôt où une signalisation est au rouge (arrêt) dans le temps de rotation précédent (= fin du groupe de signalisation), qui, dans le même temps de rotation précédent, n'a pas encore passé une fois au vert (voie libre).
6. Procédé suivant l'une des revendications précédentes, dans lequel on détermine, pendant une durée définie à l'avance, de préférence pendant une seconde, les temps de coupure de la signalisation, pour lesquels les instants définis à l'avance ne se sont pas encore écoulés, de manière à ce que les temps de coupure de la signalisation puissent être encore modifiés et adaptés, afin de déplacer les intervalles de temps à la manière d'un rolling horizon de, respectivement, la durée définie à l'avance, pour pouvoir réagir plus rapidement à des modifications du déroulement du trafic.
7. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 4, dans lequel la commande des groupes de signalisation s'effectue suivant des phases et un calcul des instants de coupure est effectué sur la base d'instants de coupure de transition de phase.
8. Procédé suivant la revendication 7, dans lequel l'instant défini à l'avance d'un intervalle de temps est la fin de la phase la plus tôt de l'intervalle de temps précédent où un signal est passé au rouge (arrêt), qui, dans le même intervalle de temps précédent, n'est pas encore passé une fois au vert (voie libre).
9. Procédé suivant la revendication 8, dans lequel on détermine la durée définie à l'avance, de préférence les secondes, pour quel instant de coupure d'une transition de phase l'instant défini à l'avance ne s'est pas encore déroulé et peut être encore modifié et adapté de façon correspondante, pour décaler les intervalles de temps à la manière d'un rolling horizon de, respectivement, la durée définie à l'avance, afin de pouvoir réagir plus rapidement à des modifications du déroulement du trafic.
10. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 4, dans lequel la commande des groupes de signalisation s'effectue suivant le concept dual ring et on adapte des instants de coupure pour les limites, ainsi que les groupes de signalisation.
11. Procédé suivant la revendication 10, dans lequel l'instant défini à l'avance d'un intervalle de temps est l'instant le plus tôt de l'intervalle de temps précédent, auquel un signal est passé au rouge (arrêt), qui, dans le même intervalle de temps précédent, n'est pas encore passé une fois au vert (voie libre).
12. Procédé suivant la revendication 10 et 11, dans lequel on détermine la durée définie à l'avance, de préférence les secondes, pour quel instant de coupure d'une limite, l'instant le plus tard n'a pas encore eu lieu et, en conséquence, peut être encore modifié et adapté, en calculant, pour tous les groupes de signalisation concernés, respectivement, l'instant défini à l'avance et le plus tôt des instants de coupure définis à l'avance, qui s'en suivent des groupes de signalisation, est l'instant le plus tard dans le temps de la limite, pour décaler l'intervalle de temps à la manière d'un rolling horizon de, respectivement, la durée définie à l'avance, afin de pouvoir réagir plus rapidement à des variations du déroulement du trafic.
13. Procédé suivant l'une des revendications précédentes, dans lequel on pronostique des données du trafic pendant le deuxième intervalle de temps, la détermination des temps (101) de signalisation s'effectuant en fonction des données de trafic pronostiquées, les données de trafic pronostiquées et des données de trafic réelles du deuxième intervalle de temps étant comparées entre elles, des temps de signalisation du groupe (SG1, SG2, SG3, SG4) de signalisation étant déterminés, en fonction de la comparaison, pour au moins un autre intervalle de temps, qui est dans le temps après le deuxième intervalle de temps.
14. Procédé suivant l'une des revendications précédentes, dans lequel on préfère un intervalle d'agrégation, sur lequel les données (302) de trafic sont agrégées dans le temps, au premier intervalle (303) de temps, en fonction d'un paramètre, qui est au moins un élément choisi dans le groupe suivant de paramètres : temps d'agrégation, durée de calcul pour des temps de coupure adaptatifs, temps de transmission de données de commande de dispositifs de signalisation lumineuse, d'une interface (207) de transmission de données à une unité de commande de dispositifs de signalisation lumineuse,

- temps de réaction d'une unité de commande de dispositifs de signalisation lumineux reçus ou une combinaison quelconque de ceux-ci.
15. Procédé suivant l'une des revendications précédentes, dans lequel, dans le calcul des instants de coupure, on prend en compte une coordination à des groupes de signalisation de nœuds voisins. 5
16. Procédé suivant l'une des revendications précédentes dans la mesure où elle se rapporte à la revendication 14, dans lequel on détermine une durée dans le temps de l'intervalle d'agrégation individuellement pour chaque groupe (SG1, SG2, SG3, SG4) de signalisation du dispositif de signalisation lumineux du début du temps du début du temps vert au début du temps vert du groupe (SG1, SG2, SG3, SG4) de signalisation correspondant. 10 15
17. Procédé suivant l'une des revendications précédentes, dans lequel on ne détermine pas de temps restant, au moins pour une signalisation dans au moins l'un des intervalles (303, 305, 307) de temps, tant que la signalisation est demandée. 20 25
18. Procédé suivant l'une des revendications précédentes, dans lequel on insère un certain nombre d'intervalles (303, 305, 307) de temps entre le premier intervalle de temps et le deuxième intervalle de temps, pour fixer les temps de signalisation encore davantage à l'avenir. 30
19. Système (201) de commande de dispositif de signalisation lumineux pour commander un dispositif de signalisation lumineux, comprenant : 35
- une interface (203) de transmission de données pour prendre en charge des données (302) de trafic,
 - une unité (205) de traitement de données de trafic pour déterminer des données de commande de dispositifs de signalisation lumineux, 40
 - une interface (207) de transmission de données pour transmettre les données de commande de dispositifs de signalisation lumineux à une unité de commande de dispositifs de signalisation lumineux, dans lequel 45
 - l'unité (205) de traitement de données de trafic est constituée pour déterminer, dans un premier intervalle de temps du dispositif de signalisation lumineux, sur la base de données (302) de trafic mesurées, des temps de signalisation d'un groupe (SG1, SG2, SG3, SG4) de signalisation du dispositif de signalisation lumineuse pour un deuxième intervalle de temps suivant dans le temps le premier intervalle de temps, dans lequel 50
 - l'unité (205) de traitement de données de trafic 55
- est constituée pour maintenir inchangés les temps de signalisation déterminés, à partir d'un instant défini à l'avance, de manière à pouvoir commander les groupes (SG1, SG2, SG3, SG4) de signalisation dans le deuxième intervalle de temps, sur la base des temps de signalisation maintenus inchangés, de manière à ce que les groupes (SG1, SG2, SG3, SG4) de signalisation puissent, dans le deuxième intervalle de temps, émettre des signalisations correspondant aux temps de signalisation maintenus inchangés,
- dans lequel l'unité (205) de traitement de données de trafic est constituée pour déterminer, à partir des temps de signalisation, des temps restants pour les formeurs des signalisation, dans la mesure où ils sont commutés dans le deuxième temps de rotation,
 - dans lequel l'unité (205) de traitement de données de trafic est constituée pour déterminer l'instant défini à l'avance, de manière à ce que, pour de formeurs de signalisation momentanément en fonctionnement, les temps restants déterminés pour chaque instant dans l'avenir restent inchangés et de manière à ce que l'instant de coupure suivant d'une signalisation soit au plus tard à l'instant de l'instant de coupure précédent.
20. Programme d'ordinateur, comprenant un code de programme pour effectuer le procédé suivant l'une des revendications 1 à 18, lorsque le programme d'ordinateur est réalisé sur un ordinateur.

FIG 1

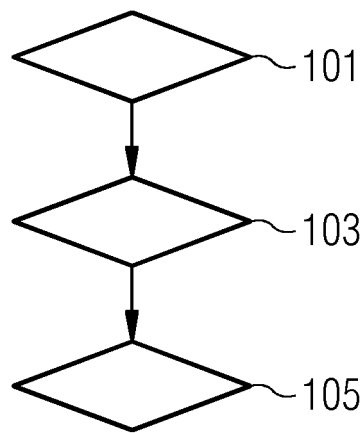


FIG 2

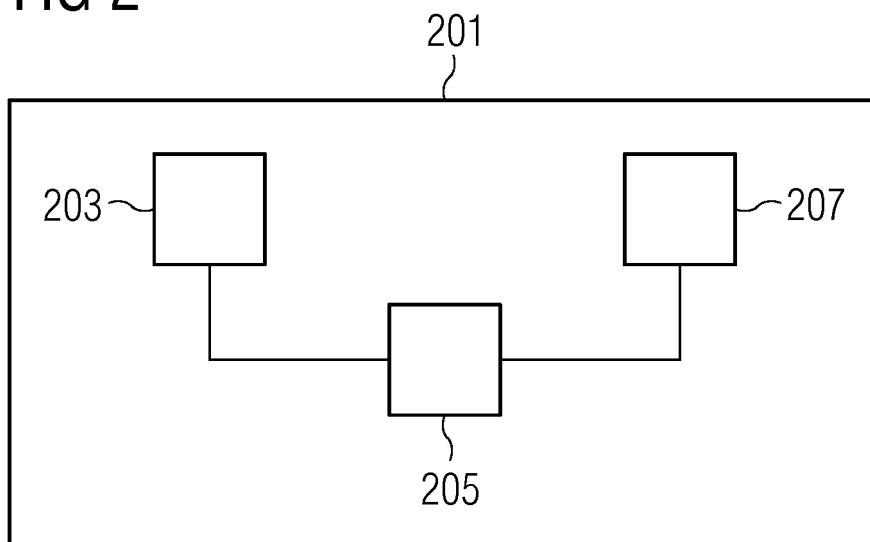


FIG 3

- 311
- 309
- 313
- 310

301

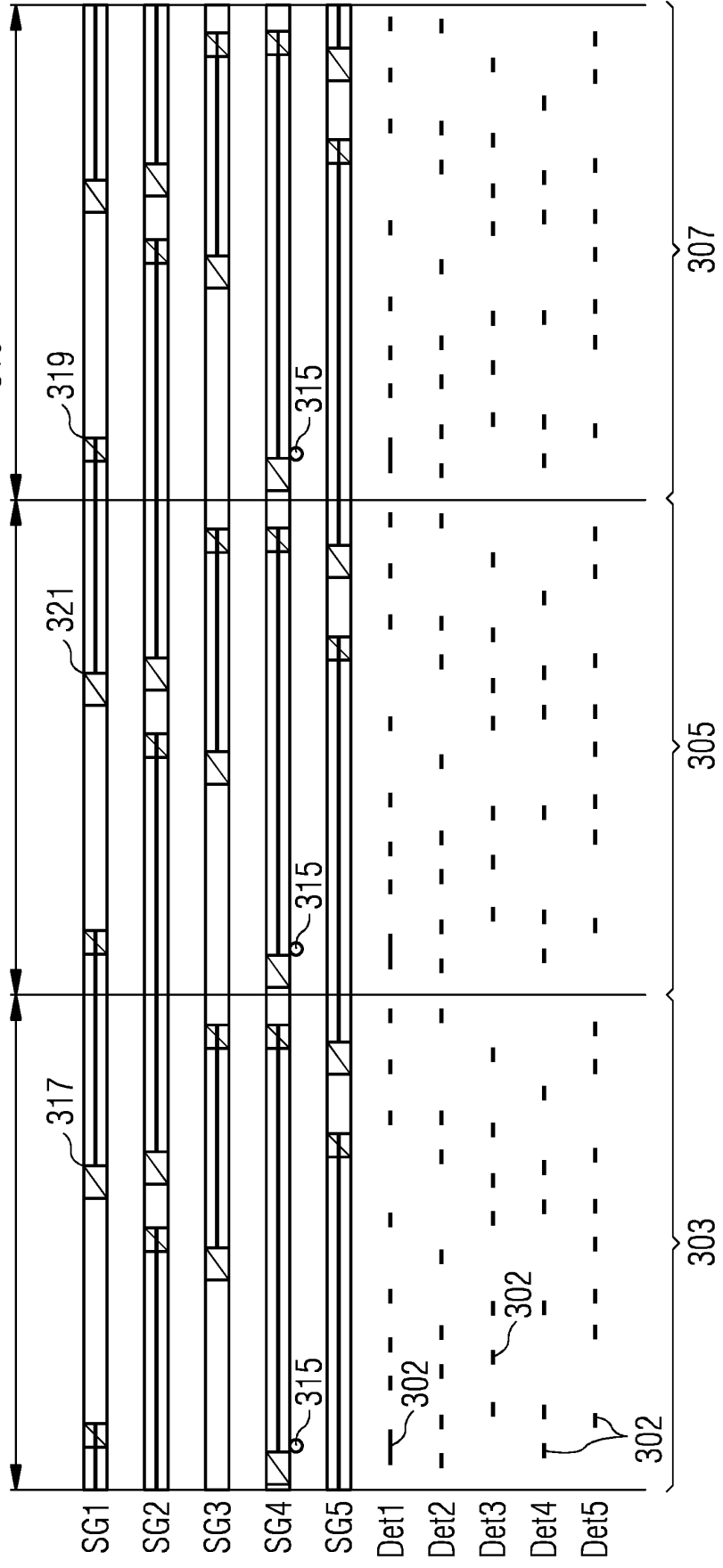


FIG 4

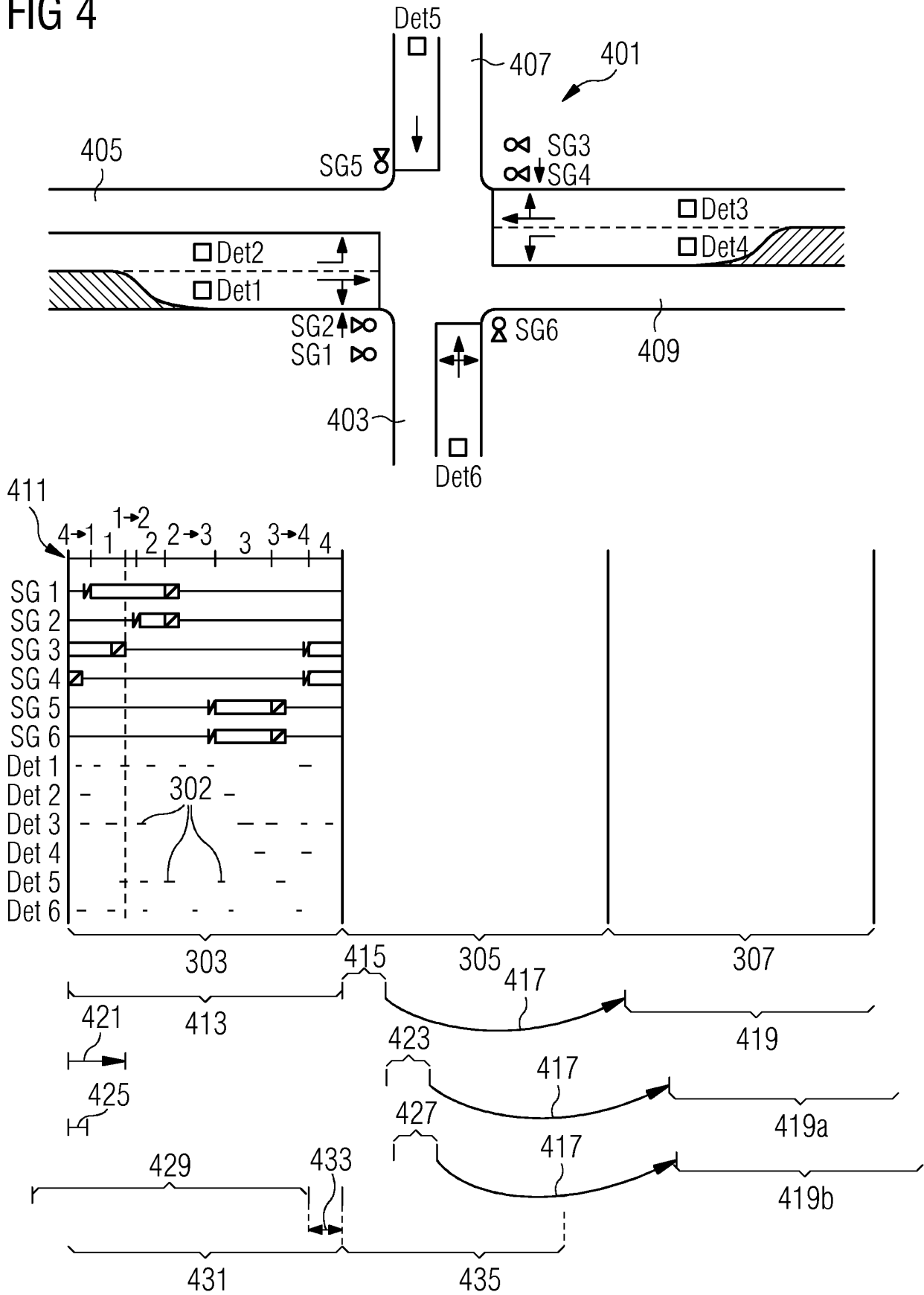
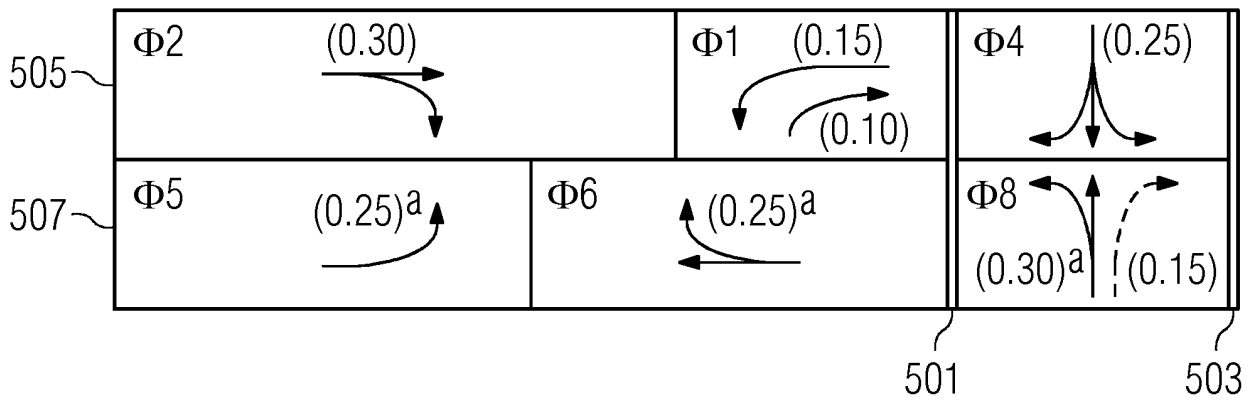
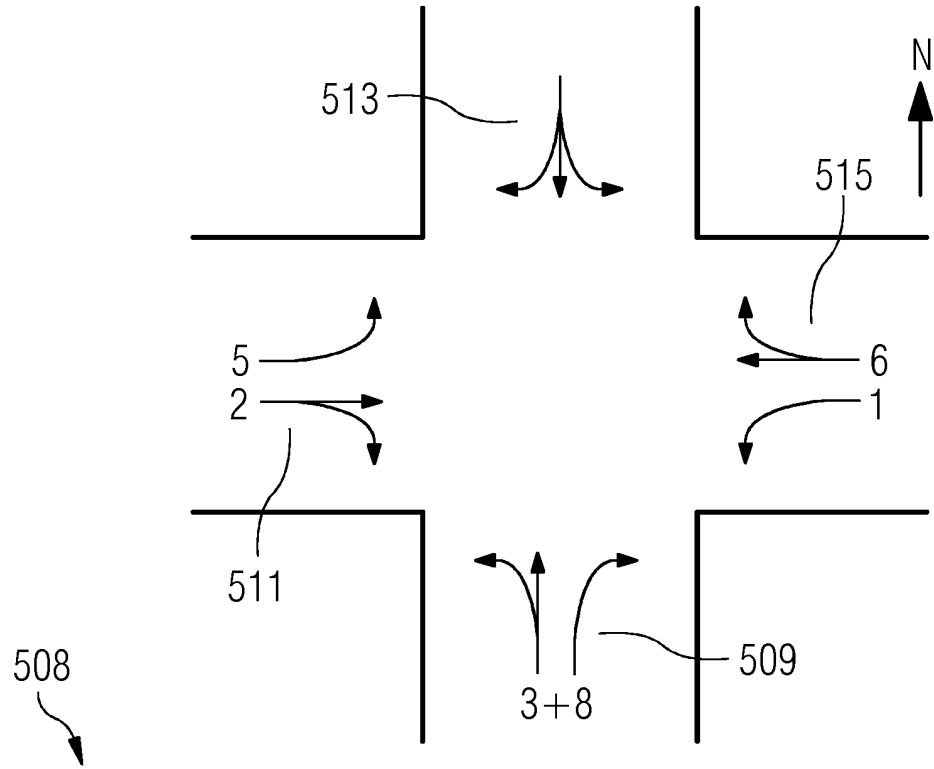


FIG 5



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 6339383 B1 [0002]
- CN 101030330 A [0003]
- US 6268805 B1 [0004]
- US 20100259419 A1 [0005]
- DE 102011004841 A1 [0006]
- DE 102012110099 B3 [0007]
- DE 102010052702 B4 [0008]