



(11) **EP 3 113 142 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
04.01.2017 Patentblatt 2017/01

(51) Int Cl.:
G08G 1/087 (2006.01) G08G 1/083 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **16170796.3**

(22) Anmeldetag: **23.05.2016**

(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
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
MA MD

(71) Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft**
80333 München (DE)

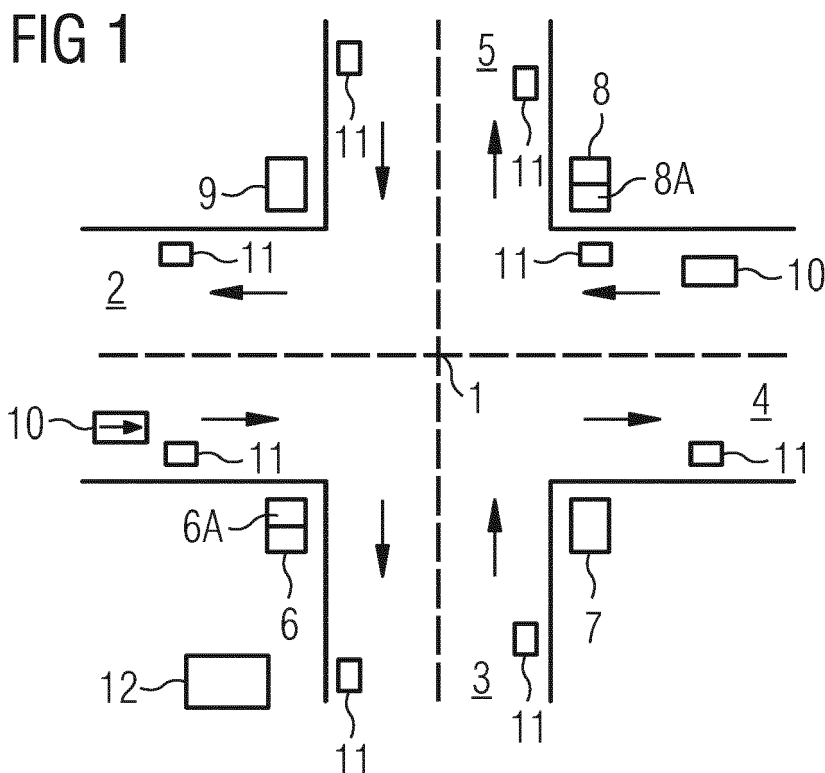
(72) Erfinder:
• **Poschinger, Andreas**
82515 Wolfratshausen (DE)
• **John, Alexander**
81477 München (DE)

(30) Priorität: **30.06.2015 DE 102015212185**
23.07.2015 DE 102015213907

(54) **VERFAHREN ZUM STEuern EINER SIGNALANLAGE**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Steuern einer Signalanlage gemäß Patentanspruch 1, eine Recheneinheit zum Durchführen des Verfahrens gemäß

Patentanspruch 28 und ein Computerprogrammprodukt nach Patentanspruch 29.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Steuern einer Signalanlage gemäß Patentanspruch 1, eine Recheneinheit zum Durchführen des Verfahrens gemäß Patentanspruch 28 und ein Computerprogrammprodukt nach Patentanspruch 29.

[0002] Aus DE 10 2012 110 099 B3 sind Verfahren bekannt, mit denen eine die zukünftigen Signalzeiten einer Signalanlage prognostiziert werden, wobei die dazu verwendete Prädiktionseinheit ein Modell des Verkehrsablaufs und der Signalsteuerung benötigt. Eine einmal abgegebene Prognose kann eintreffen oder auch nicht, wenn z.B. der tatsächliche Verkehrsfluss nicht dem simulierten Verkehrsfluss entspricht.

[0003] Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein verbessertes Verfahren zur Steuerung einer Signalanlage für eine Verkehrssteuerung bereitzustellen.

[0004] Die Aufgabe der Erfindung wird durch die unabhängigen Ansprüche gelöst.

[0005] Weitere Ausführungsformen des Verfahrens sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0006] Ein Vorteil des beschriebenen Verfahrens besteht darin, dass eine verbesserte Steuerung der Signalanlage erreicht wird.

[0007] Dieser Vorteil wird bei einer Signalanlage mit wenigstens drei Signalgruppen, wobei die Signalgruppen sich kreuzende Verkehrsströme steuern, dadurch erreicht, dass für jede Signalgruppe wenigstens ein Zeitbereich mit einer Freigabe und wenigstens ein Zeitbereich mit einer Sperrung vorgesehen ist, wobei insbesondere basierend auf Verkehrsdaten eine Abfolge von wenigstens drei Phasen mit jeweils festgelegten Zuständen (frei oder gesperrt) der Signalgruppen für jeweils ein Zeitintervall (Umlaufdauer) geplant wird. Dabei weist wenigstens eine geplante Phase wenigstens eine optionale Teilphase auf, wobei die optionale Teilphase nur auf Abruf durchgeführt wird. Bei Nichtabruf der optionalen Teilphase wird die optionale Teilphase nicht zu diesem Zeitpunkt durchgeführt. Eine aufgrund der nicht durchgeführten Teilphase frei gewordene Zeit innerhalb des Zeitintervalls wird nach einem vorgegebenen Verfahren auf wenigstens eine andere im Zeitintervall nicht ausgefallene Phase verteilt und im laufenden Zeitintervall oder im nächsten Zeitintervall ausgeführt. Verkehrsdaten sind z.B. eine Verkehrsstärke, d.h. eine Anzahl von Fahrzeugen, die pro Minute auf den verschiedenen Straßen in die Kreuzung einfahren und von der Kreuzung auf den Straßen ausfahren. Auf diese Weise ist eine verbesserte Verteilung der Phasendauern möglich. Insbesondere kann auf Ereignisse während des Zeitintervalls reagiert werden, wobei trotzdem zu Beginn des Zeitintervalls eine festgelegte Abfolge von Phasen für die Signalgruppen für das Zeitintervall vorgesehen ist.

[0008] In einer Ausführung wird die ausgefallene Zeit nach einem vorgeplanten Anteil der nicht ausgefallenden Phasen auf die nicht ausgefallenen Phasen verteilt. Dadurch wird eine einfache und schnelle Anpassung er-

reicht.

[0009] In einer weiteren Ausführung wird die ausgefallene Zeit durch eine modellbasierte Adaption, insbesondere in Form einer Optimierung auf die nicht ausgefallenen Phasen verteilt. Dadurch wird eine individuellere Anpassung an die vorliegende Situation erreicht.

[0010] In einer weiteren Ausführung wird die geplante Abfolge der noch nicht ausgeführten Phasen des Zeitintervalls in der Weise verändert, dass die optionale Phase bei Nichtanforderung mit der nächsten Phase getauscht wird. Dadurch kann die optionale Phase noch später innerhalb des Zeitintervalls ausgeführt werden. Mit der optionalen Phase kann beispielsweise ein Fahrzeug des öffentlichen Nahverkehrs bedient werden.

[0011] In einer Ausführung ist eine Phase in eine erste Teilphase zur Abbildung einer Mindestfreigabezeit, in eine zweite Teilphase zur Abbildung einer für eine Leistungsfähigkeit der Verkehrssteuerung notwendige Freigabezeit und eine dritte Teilphase für eine freie Freigabezeit der Signalgruppen unterteilt. Dabei kann die dritte Teilphase, d.h. eine freie Teilphase einer Phase für eine Hauptrichtung, sowie die dritte Teilphase und insbesondere die zweite Teilphase, nicht aber die erste Teilphase der Mindestdauer einer optionalen Phase gekürzt werden kann, um eine andere Phase, die zur Beschleunigung des öffentlichen Nahverkehrs verwendet wird, zu verlängern.

[0012] Eine Vereinfachung des Steuerverfahrens wird dadurch erreicht, dass die optionale Phase wenigstens teilweise oder vollständig ausgelassen wird, wenn die optionale Phase nicht bis zu einem vorgegebenen Zeitpunkt abgerufen wird.

[0013] In einer Ausführung werden die Zeitdauern der Teilphasen eines Zeitintervalls phasenabhängig und abhängig von Verkehrsdaten adaptiv ermittelt und die Zeitdauern der Phasen entsprechend angepasst. Zudem können Phasen oder Teilphasen eines Zeitintervalls abhängig von vorgegebene Zeitbereichen und/oder abhängig von festgelegten T-Zeitpunkten abgeleitet werden. T-Zeitpunkte sind Zeitpunkte, die fest innerhalb des Zeitintervalls, d.h. innerhalb des Umlaufs vorgegeben sind. Beispielsweise kann ein T-Zeitpunkt durch einen frühesten Beginn, einen spätesten Beginn, ein frühestes Ende und/oder durch ein spätestes Ende einer Freigabe oder einer Sperrung festgelegt sein.

[0014] In einer weiteren Ausführung werden abhängig von Verkehrsdaten ein Anfang- und ein Endzeitpunkt der Freigabe der Hauptrichtungsphase nur um eine festgelegte maximale Zeitdauer vorgezogen, um insbesondere eine Kompatibilität mit einer Grünen Welle für den Verkehr der Hauptrichtung zu ermöglichen.

[0015] In einer weiteren Ausführung sind mehrere alternative Phasenfolgen vorgesehen und in jeder der alternativen Phasenfolgen ist mindestens eine optionale Phase für den öffentlichen Nahverkehr vorgesehen. Bei einer Anforderung der optionalen Phase durch ein ÖPNV Fahrzeug wird in die Phasenfolge gewechselt, mit der das ÖPNV Fahrzeug mit einer geringsten Verzögerung

die Kreuzung passieren kann, insbesondere ohne Abbremsen des ÖPNV Fahrzeuges. Dadurch wird eine weitere Verbesserung der Priorisierung des öffentlichen Nahverkehrs erreicht.

[0016] Eine optionale Phase kann für ein ÖPNV Fahrzeug oder für einen Fußgänger oder ein Fahrzeug vorgesehen sein.

[0017] In einer Ausführungsform wird für die Steuerung eine Schaltzeitprognose für wenigstens eine Signalgruppe einer Signalanlage bestimmt, wobei die Signalanlage mehrere Signalgruppen aufweist, wobei die Signalgruppen durch ein Steuerungsverfahren gesperrt und freigegeben werden, wobei sich abhängig von einem Steuereingriff eine Reihenfolge der Freigaben und/oder die Anzahl der Freigaben ändern kann, wobei für verschiedene mögliche Abfolgen der Steuerungen während der nächsten n Zeitintervalle für wenigstens eine Signalgruppe ein minimaler Bereich einer Freigabe in der Weise ermittelt wird, dass sich der minimale Bereich der Freigabe durch einen Steuereingriff nur verlängern, aber nicht verkürzen kann. Dadurch kann sich eine Restzeit für die insbesondere angezeigte Freigabe der Signalgruppen nur verlängern und eine Restzeit für die insbesondere angezeigte Sperrung der Signalgruppen nur verringern. Auf diese Weise kann eine verlässliche Zeit für die Freigabe und/oder die Sperrung ermittelt, angezeigt und weiter gegeben werden.

[0018] In einer Ausführung werden für mehrere vorgegebene Steuereingriffe (z.B. mit ÖPNV Fahrzeug und ohne ÖPNV Fahrzeug) Schaltzeitprognosen für eine Freigabe der Signalgruppen ermittelt. Zudem kann für die Schaltzeitprognosen Wahrscheinlichkeiten eines Eintreffens ermittelt werden. Die ermittelten Schaltzeitprognosen und/oder deren Wahrscheinlichkeiten werden angezeigt und/oder ausgegeben, insbesondere an ein Fahrzeug übermittelt. Auf diese Weise können ein Fahrer und/oder ein Fahrerassistenzsystem eine genauere Einschätzung der Schaltsituation der Signalgruppe erhalten. Insbesondere kann eine bessere Anpassung des Fahrverhaltens an die Schaltsituation der Signalgruppe bzw. der gesamten Signalanlage erreicht werden, um beispielsweise einer Grünen Welle zu folgen.

[0019] In einer weiteren Ausführung wird aus den Schaltzeitprognosen und den Wahrscheinlichkeiten der Schaltzeitprognosen mindestens ein Erwartungswert berechnet. Der Erwartungswert kann angezeigt oder an ein Fahrzeug übertragen werden. Insbesondere kann der Erwartungswert für eine Berücksichtigung für mindestens eine Funktion in einem Fahrzeug vorgesehen sein. Insbesondere kann der Erwartungswert für die Motorsteuerung eines Fahrzeugs verwendet werden. Auch kann ein Steuergerät eines Fahrzeuges, insbesondere ein Fahrerassistenzsystem den Erwartungswert zur Steuerung des Fahrzeuges verwenden, um beispielsweise einer Grünen Welle zu folgen.

[0020] In einer Ausführung wird ein Zeitbereich für eine Freigabe einer Signalgruppe verringert, wenn die Signalgruppe nicht angefordert wird.

[0021] In einer Ausführung entspricht der minimale Zeitbereich der Freigaben der Signalgruppen der jeweiligen Freigabe der Signalgruppen bei der vorgegeben Abfolge von vorgegebenen Phasen, wenn keine Phase ausfällt, und wobei bei einem wenigstens teilweisen Ausfall einer Phase die minimalen Zeitbereiche der Freigaben der nicht ausgefallenen Phasen und damit der dort freigegebenen Signalgruppen vergrößert werden.

[0022] In einer Ausführung wird während des Zeitintervalls in regelmäßigen Zeitabständen der minimale Bereich der Freigabe insbesondere für jede Signalgruppe ermittelt und aktualisiert.

[0023] In einer Ausführung wird die während eines festgelegten Zeitintervalls ankommende Anzahl von Fahrzeugen ermittelt, wobei die ermittelte Anzahl verwendet wird, um daraus eine Warteschlange von Fahrzeugen bei einer Signalsperrung zu ermitteln, wobei aus der Warteschlange eine Fahrtrajektorie für ein oder mehrere in einem Zeitintervall ankommenden Fahrzeuge in der Weise ermittelt wird, so dass die Anzahl der Halte und/oder der Kraftstoffverbrauch und/oder Emissionen reduziert werden. Abhängig von der gewählten Ausführung können auch andere Zielfunktionswerte verbessert, insbesondere optimiert werden.

[0024] In einer Ausführung werden für gerade nicht freigegebene Signalgruppen einer Nebenrichtung nicht eine Lage und eine minimale Zeitdauer der Freigabe ermittelt, sondern ein spätester Beginn der Freigabezeit. Dadurch ist eine Anzeige eines Endes der Sperrung, d. h. der Rotrestzeit möglich, ohne die Flexibilität zur Umverteilung der Zeitdauern ausfallender Teilphasen einzuschränken.

[0025] In einer Ausführung werden Restzeiten einer vorgegebenen Freigabezeit, die kleiner als ein bestimmter Schwellenwert sind, nicht mehr geändert.

[0026] In einer Ausführung wird ein vorgegebener Endbereich, insbesondere die letzten Sekunden einer Freigabe und/oder einer Sperrung nicht mehr geändert. Bei einer phasenorientierten Steuerung kann der Endbereich insbesondere in Phasenübergängen zwischen den Phasen enthalten sein und für jeden Phasenübergang individuell parametrisiert werden. Weiterhin können die Mindestrestdauern auch eigens parametrisiert werden.

[0027] In einer Ausführung werden Steuerungseingriffe in Abhängigkeit von der Art des Steuerungseingriffes unterdrückt.

[0028] Zudem können Anzeigen vorgesehen sein, die eine Zeit für eine Freigabe einer Signalgruppe, d.h. eine Grünzeit und/oder eine Zeit für eine Sperrung einer Signalgruppe, d.h. eine Rotzeit für wenigstens eine, insbesondere für jede Signalgruppe anzeigen. Aufgrund der gewählten Steuerung wird bei laufender Freigabe einer Signalgruppe durch die Anzeige eine verbleibende Freigabezeit, d.h. eine Grünrestzeit angezeigt, die nur in Richtung einer längeren Grünrestzeit springen kann. Aufgrund der gewählten Steuerung wird bei laufender Sperrung einer Signalgruppe durch die Anzeige eine verbleibende Sperrzeit, d.h. eine Rotrestzeit angezeigt, die

nur in Richtung einer kürzeren Rotrestzeit springen kann. Die Anzeige kann an der Signalanlage, insbesondere an der Signalgruppe vorgesehen sein. Zudem kann die Anzeige auch in einem Fahrzeug angeordnet sein.

[0029] In einer Ausführung werden die Freigabezeiten auch angeforderter bzw. nicht ausgefallener Phasen insbesondere in einem geringen Umfang, insbesondere im Bereich von 1% bis 10% der Zeitdauer gekürzt, wobei eine Randbedingung einer vorgesehenen Verwendung berücksichtigt wird. Beispielsweise kann bei einer Anzeige der Freigabezeit eine maximal zulässige Verkürzung vorgegeben sein.

[0030] In einer Ausführung sind die Anzeigen ausgebildet, um eine graphische Anzeige einer Grün- und/oder einer Rotrestzeit zu stauchen. Dabei kann z.B. 0,75 Sekunden als 1 Sekunde dargestellt werden, sodass prognostizierte Freigabezeiten in geringem Umfang gekürzt werden können, ohne dass dies einem Fahrer eines Fahrzeuges auffällt.

[0031] Weiterhin kann z.B. in Form eines Ampelassistenten eine Wahrscheinlichkeit einer Prognose für eine Freigabe und/oder eine Sperrung einer Signalgruppe an einen Fahrer eines Fahrzeuges kommuniziert, insbesondere angezeigt werden.

[0032] In einer Ausführung kann bei einer Anzeige, die einen Grünzeitbereich und oder eine Grünrestzeit und/oder eine Rotrestzeit einer Signalgruppe grafisch darstellt, die graphische Darstellung, insbesondere eine Farbintensität abhängig von einer Wahrscheinlichkeit der Grünrestzeit und/oder der Rotrestzeit unterschiedlich sein.

[0033] In einer Ausführung kann sich ein ÖPNV Fahrzeug zeitlich mindestens um eine vorgegebene Zeit vor einem, insbesondere ihrem frühesten Eintreffen an einer Haltelinie bei einer Steuerung anmelden. Die vorgegebene Zeit kann davon abhängen, wieviel z.B. ein Ampelassistent an Prognosedauer benötigt, wobei diese sich insbesondere aus der Fahrzeit von der Haltelinie eines Vorknotens zur Haltelinie dessen Folgeknoten, der benötigten Berechnungszeit für das Steuerverfahren und aller benötigten Zeiten von der Ermittlung bis zur Verarbeitung und Anzeige der Restzeiten in einem Ampelassistenten eines Fahrzeuges.

[0034] In einer Ausführung wird bei Restzeitprognosen auf eine Bemessung z.B. bei einem plötzlichen Abbruch einer laufenden Phase bei einer Lücke im Verkehrsfluss verzichtet. Stattdessen wird eine adaptive Berechnung je Zeitintervall durchgeführt, wobei ausfallende Zeiten auf andere Phasen nach einem Berechnungsverfahren verteilt werden.

[0035] In einer Ausführung wird nach einem Phasentausch die späteste Freigabezeiten der Phasen aus allen Variationen des möglichen wechselseitigen Phasentauschs der ÖPNV Phase berechnet und die Teilphasen der Phasen, die bei ÖPNV Eingriff entfallen, können bei der Berechnung der minimalen (und frühesten) Freigabezeit der Signalgruppen jeweils berücksichtigt oder nicht berücksichtigt werden, je nachdem welche Berech-

nung zu einer kürzeren Freigabezeit führt. Dabei wird zum Beispiel eine erste Phase verlängert, wobei die mögliche Verlängerung nicht in das Restgrün der ersten Phase eingerechnet wird, während das Restrot einer dritten Phase die maximale Verlängerung berücksichtigt, d.h. z. B. weder das freie Grün der ersten Phase noch das freie Grün der zweiten Phase wird in die Grünrestzeit der ersten Phase eingerechnet, solange noch die Möglichkeit besteht, dass z.B. das freie Grün der ersten Phase 1 nicht genutzt wird.

[0036] In einer Ausführung werden die spätesten Freigabezeiten der Phasen aus allen Variationen der möglichen Phasenabfolgen berechnet. Die Teilphasen der Phasen, die bei ÖPNV Eingriff entfallen, werden bei der Berechnung der minimalen (und frühesten) Freigabezeit der Signalgruppen jeweils berücksichtigt oder nicht berücksichtigt, je nachdem welche Berechnung zu einer kürzeren Freigabezeit führt.

[0037] In einer Ausführung werden für den Fall, dass die ÖPNV Phase komplett entfällt, zusätzlich die minimalen Freigabezeiten ermittelt.

[0038] In einer weiteren Ausführung wird das Verfahren zur Bestimmung einer Schaltzeitprognose für wenigstens eine Signalgruppe einer Signalanlage bei dem Verfahren zum Steuern der Signalanlage verwendet.

[0039] 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	eine schematische Darstellung einer Kreuzung mit einer Signalanlage mit vier Signalgruppen,
FIG 2 bis 7	schematische Darstellungen von verschiedenen Abfolgen von Phasen während eines Zeitintervalls,
FIG 8	eine weitere Darstellung einer Abfolge von möglichen Phasen mit einem ÖPNV Fenster,
FIG 9	eine schematische Darstellung einer weiteren möglichen Abfolge von Phasen eines Zeitintervalls,
FIG 10	eine schematische Darstellung einer Grundphasenfolge,
FIG 11	eine Abfolge der Phasen der Grundphasenfolge der Fig.10 für ein Zeitintervall, und
FIG 12 bis 15	verschiedene mögliche Abfolgen der Grundphasenfolge der FIG 10, und
FIG 16	ein Fahrzeug.

[0040] FIG 1 zeigt in einer schematischen Darstellung eine Kreuzung 1, in die vier Straßen 2, 3, 4, 5 münden. Jede Straße weist eine Fahrbahn auf, die zur Kreuzung 1 führt und eine Fahrbahn auf, die von der Kreuzung 1

wegführt. Zudem ist an jeder Straße, die zur Kreuzung 1 führt, eine Signalgruppe 6, 7, 8, 9 vorgesehen. Jede Signalgruppe 6, 7, 8, 9, 6A, 8A, 13, 14 verfügt über eine eigene Recheneinheit. Zudem verfügt jede Signalgruppe über Anzeigemittel und/oder Sendemittel, mit denen Informationen über einen Signalzustand der Signalgruppe angezeigt und/oder an ein Fahrzeug und/oder an eine weitere Recheneinheit übermittelt werden können. Die vier dargestellten Signalgruppen 6, 7, 8, 9, 6A, 8A stellen eine Signalanlage für die Kreuzung 1 dar. Mit einer Signalgruppe kann für eine Fahrrichtung eine Sperrung oder eine Freigabe, d.h. eine freie Fahrt in der Fahrrichtung angezeigt werden. Unter einer Fahrrichtung werden z.B. eine Geradeausfahrt, ein Rechtsabbiegen, und/oder ein Linksabbiegen verstanden. Die Sperrung wird z.B. mit einem Rotsignal und die Freigabe mit einem grünen Signal angezeigt. Zudem kann zwischen der Freigabe und der Sperrung noch ein Übergangssignal z.B. in Form eines gelben Signals angezeigt werden. Die Sperrung wird im Folgenden auch als Rotzeit und die Freigabe als Grünzeit bezeichnet.

[0041] Weiterhin sind Detektoren 11 in oder an den Fahrbahnen der Straßen 2, 3, 4, 5 vorgesehen, die eine Annäherung eines Fahrzeuges 10 an die Kreuzung 1 und/oder eine Abfahrt des Fahrzeuges weg von der Kreuzung 1 detektieren. Die Detektoren 11 können auch dazu vorgesehen sein, um zum Beispiel eine Annäherung eines ÖPNV Fahrzeuges an die Kreuzung 1 und/oder ein Entfernen des ÖPNV Fahrzeuges von der Kreuzung zu erfassen. Zudem kann ein Detektor 11 vorgesehen sein, um beispielsweise in Form eines Tasters den Wunsch eines Fußgängers zu erfassen, der eine Freigabe für einen Fußgängerüberweg über eine Straße wünscht. Die Detektoren sind logisch mit den Signalgruppen 6, 7, 8, 9, 6A, 8A verbunden.

[0042] Weiterhin gibt es eine zentrale Recheneinheit 12 vorgesehen sein, die mit den Detektoren 11 sowie den Signalgruppen und/oder den Recheneinheiten der Signalgruppen verbunden ist. Die zentrale Recheneinheit steuert abhängig von dem Verkehrsaufkommen an der Kreuzung die Signalgruppen. Dabei wird in der Regel eine Hauptrichtung vorgegeben, die für die Steuerung des Verkehrs Priorität hat. Zudem wird für ein Zeitintervall, d.h. eine Umlaufzeit eine Folge von Phasen vorgesehen, die während des Zeitintervalls ausgeführt werden können.

[0043] Dabei können jedoch auch ein Ausfall und/oder eine Verschiebung und/oder eine Verkürzung und/oder eine Verlängerung einer Phase während des Zeitintervalls abhängig von Verkehrseignissen auftreten. In jeder Phase ist für alle Signalgruppen festgelegt, ob die jeweilige Signalgruppe auf eine Freigabe für eine freie Fahrt oder auf eine Sperrung für die Fahrrichtung der Signalgruppe geschaltet wird.

[0044] Die Recheneinheiten der Signalgruppen und/oder die zentrale Recheneinheit steuern abhängig von den ermittelten Phasen die vier Signalgruppen an. Nach der Umlaufzeit wird die Folge der Phasen wieder-

holt. Die Signalanlage kann abhängig von der Ausführungsform auch unabhängig von Phasen abhängig vom Verkehrsaufkommen an der Kreuzung gesteuert werden.

[0045] FIG 2 zeigt ein Beispiel für eine Grundphasenfolge von Phasen für die Steuerung der Signalanlage der Kreuzung 1 mit drei Phasen 100, 200, 300. Die dargestellte Grundphasenfolge weist drei Phasen 100, 200, 300 auf. Zudem ist zwischen den Phasen 100, 200, 300 jeweils eine Übergangsphase 310, 120, 230 dargestellt. Zwischen der ersten Phase 100 und der zweiten Phase 200 ist ein erster Phasenübergang 120 dargestellt. Zwischen der zweiten Phase 200 und der dritten Phase 300 ist ein zweiter Phasenübergang 230 dargestellt. Zwischen der dritten Phase 300 und der ersten Phase 100 ist ein dritter Phasenübergang 310 dargestellt. Die Phasenübergänge können auch zu Ihrer jeweiligen Zielphase gerechnet werden, zu der sie überleiten.

[0046] Zudem kann abhängig von der gewählten Ausführungsform die erste Phase 100 in eine notwendige erste Teilphase 100A und in eine freie zweite Teilphase 100B unterteilt sein. Weiterhin kann die zweite Phase 200 in eine notwendige erste Teilphase 200A und in eine freie zweite Teilphase 200B unterteilt sein. Weiterhin kann die dritte Phase 300 nur eine notwendige erste Teilphase 300A aufweisen. Zudem kann noch für jede Phase 100, 200, 300 eine Teilphase zur Abbildung einer Mindestfreigabezeit vorgesehen sein. Die Teilphasen für die Mindestfreigabezeiten sind nicht dargestellt. Diese sind verkehrstechnische Mindestfreigabezeitdauern, z.B. zum Ausgleich von Detektorfehlern.

[0047] Die erste Phase 100 entspricht der Schaltsituation, dass die Fahrzeuge, die sich auf der ersten Straße 2 und der dritten Straße 4 der Kreuzung 1 nähern (FIG 1) und gerade über die Kreuzung fahren wollen, eine Freigabe, d.h. Grün haben und über die Kreuzung 1 fahren dürfen. Somit wird in der ersten Phase 100 die erste Signalgruppe 6 auf Freigabe für eine Geradeausfahrt geschaltet. Weiterhin wird die dritte Signalgruppe 8 ebenfalls auf eine Freigabe, d.h. auf Grün für eine Geradeausfahrt geschaltet. Die zweite und die vierte Signalgruppe 7, 9 sowie 6A, 8A sind auf Sperrung, d.h. auf Rot geschaltet und sperren eine Weiterfahrt für die Fahrzeuge, die sich von der zweiten und der vierten Straße der Kreuzung 1 nähern.

[0048] Die erste Phase 100 ist schematisch mit dem ersten Piktogramm 13 dargestellt. Die gerade Fahrrichtung von der ersten und der dritten Straße 2, 4 stellt die Hauptrichtung der Kreuzung 1 dar. Die erste Phase 100 stellt somit die koordinierte Phase dar, mit der die Hauptrichtung geschaltet wird. Die zweite Phase 200 entspricht der Schaltsituation, dass die Signalgruppe 6A so geschaltet ist, dass die Fahrzeuge, die sich auf der ersten Straße 2 der Kreuzung 1 nähern und nach links in die vierte Straße 5 abbiegen wollen, eine Freigabe, d.h. Grün erhalten und fahren dürfen. Zudem entspricht die zweite Phase 200 der Schaltsituation, dass die Signalgruppe 8A so geschaltet ist, dass die Fahrzeuge, die sich von

der dritten Straße 4 der Kreuzung 1 nähern und nach links in die zweite Straße 3 abbiegen wollen, ebenfalls eine Freigabe, d.h. Grün erhalten. Die anderen Signalgruppen 6, 7, 8, 9 sind auf sperrend, d.h. auf Rot geschaltet. Die zweite Phase 200 ist mit einem zweiten Piktogramm 14 schematisch dargestellt.

[0049] Die dritte Phase 300 entspricht der Schaltsituation, dass die vierte Signalgruppe 9 so geschaltet ist, dass alle Fahrzeuge, die sich auf der vierten Straße 5 der Kreuzung 1 nähern, eine Freigabe, d.h. Grün erhalten und über die Kreuzung 1 fahren dürfen. Zudem bedeutet die dritte Phase 300, dass die zweite Signalgruppe 7 so geschaltet ist, dass alle Fahrzeuge, die sich auf der zweiten Straße 3 der Kreuzung 1 nähern über die Kreuzung 1 fahren dürfen. Die Signalgruppen 6, 8, 6A, 8A sind auf Rot, d.h. sperrend geschaltet. Der dritte Schaltzustand ist schematisch in Form des dritten Piktogramms 15 dargestellt. Die anderen Signalgruppen sind auf sperrend, d.h. auf Rot geschaltet.

[0050] Abhängig von der gewählten Ausführungsform können wenigstens eine oder mehrere der Phasen als optionale Phase vorgesehen sein. Eine optionale Phase wird nur dann geschaltet, wenn ein Bedarf für diese Phase vorliegt. Der Bedarf wird beispielsweise durch eine Annäherung eines Fahrzeuges 10 ermittelt, das mithilfe eines Detektors 11 erfasst wird. Mithilfe von optionalen Phasen, so genannten Anforderungsphasen, ist eine Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Verkehrssteuerung an einer Kreuzung 1 bei gleichbleibender Umlaufdauer möglich. Die Umlaufdauer legt das Zeitintervall für die Dauer der Abfolge der Phasen fest. Die Abfolge der Phasen der Grundphasenfolge, die in FIG 2 dargestellt ist, wiederholt sich laufend. Es können jedoch z.B. abhängig von der Uhrzeit oder abhängig vom Wochentag unterschiedliche Grundphasenfolgen vorgesehen sein. Somit kann die Grundphase auch geändert werden.

[0051] Eine grundlegende Idee des vorliegenden Verfahrens besteht darin, eine Grundphasenfolge in der Weise zu ermitteln, dass alle möglichen für die Signalanlage zur Verfügung stehenden Phasen in der Grundphasenfolge berücksichtigt werden. Die Grundphasenfolge der Phasen wird abhängig von der Art der Kreuzung, abhängig von dem Verkehrsaufkommen und/oder abhängig von einer gewünschten Verkehrssteuerung festgelegt. Dabei werden auch optionale Phasen berücksichtigt, die nur auf Abruf und somit nicht immer durchgeführt werden. Somit wird eine Umlaufdauer, d.h. eine Dauer für eine Grundphasenfolge ermittelt, die immer wieder wiederholt wird. Zudem kann bei festgelegter Umlaufdauer und den bekannten möglichen Phasen eine kürzeste Zeitdauer für eine Freigabe, d.h. eine kürzeste Grünzeit für jede Signalgruppe und/oder eine längste Zeitdauer für eine Sperre, d.h. eine längste Rotzeit für jede Signalgruppe berechnet werden. Die Grünzeit bedeutet eine freie Fahrt für eine vorgegebene Fahrrichtung. Die Rotzeit bedeutet eine gesperrte Fahrt für eine vorgegebene Fahrrichtung.

[0052] Wird nun eine optionale Phase nicht abgerufen,

d.h. wird die optionale Phase nicht durchgeführt, so ändern sich in einer gewählten Ausführungsform die Grünzeiten aller Signalgruppen der Signalanlage nur in Richtung auf längere Grünzeiten und die Rotzeiten aller Signalgruppen nur in Richtung auf kürzere Rotzeiten, d.h. zum Positiven. Zudem kann die kürzeste Grünzeit und/oder die längste Rotzeit wenigstens einer Signalgruppe, insbesondere aller Signalgruppen für ein Zeitintervall, d.h. eine Umlaufzeit für eine Anzeige oder Übermittlung einer verbleibenden Grünzeit und/oder verbleibenden Rotzeit der Signalgruppe verwendet werden. Weiterhin kann die kürzeste Grünzeit und/oder die längste Rotzeit wenigstens einer Signalgruppe, insbesondere aller Signalgruppen für ein Zeitintervall, d.h. eine Umlaufzeit an die Fahrzeuge übermittelt werden und von dem Fahrzeug beziehungsweise von einem Fahrerassistenzsystem, insbesondere von einem autonomen Fahrsystem des Fahrzeuges oder von einem Fahrer des Fahrzeuges berücksichtigt werden.

[0053] Ein Ansatz des beschriebenen Verfahrens für eine verkehrsabhängige Steuerung mit einer Restzeitermittlung für die Rotzeit und/oder die Grünzeit einer Signalgruppe besteht darin, für wenigstens eine, insbesondere für jede Signalgruppe ein frühestes Grünende, d.h. ein frühestes Ende der freien Fahrt anzugeben, das nicht unterschritten wird. Weiterhin besteht ein Ansatz des Verfahrens zur verkehrsabhängigen Steuerung mit einer Restzeitermittlung darin, für wenigstens eine, insbesondere für jede Signalgruppe ein spätestes Rotende, d.h. ein spätestes Ende der gesperrten Fahrt anzugeben, das nicht überschritten wird.

[0054] Dabei können abhängig von der verwendeten Ausführungsform zu jedem Zeitpunkt einer Steuerungsberechnung, zum Beispiel sekundlich auch während eines Zeitintervalls, unterschiedliche Varianten einer zukünftigen Signalisierung der Signalgruppen der Signalanlage der Kreuzung berechnet werden. Dabei können für jede Signalgruppe und für jede mögliche Fahrrichtung für das Grünende das minimale Grünende aller möglichen Varianten der möglichen Phasen und für das Rotende das maximale Rotende aller möglichen Varianten der möglichen Phasen ermittelt werden. Mit fortschreitender Zeit reduzieren sich während der Umlaufzeit die möglichen Varianten der möglichen Abfolgen der Phasen zum Beispiel dadurch, dass eine Phase nicht oder doch angefordert wurde. Die Anforderung einer optionalen Phase kann z.B. von einem Fahrzeug, von einem ÖPNV Fahrzeug, von einem Fußgänger oder von einem Einsatzfahrzeug ausgeführt werden.

[0055] Eine Idee des vorgeschlagenen Steuerungsdesigns besteht darin, die Anzahl der zu berechnenden Varianten zu minimieren. In einer Ausführungsform kann dies dadurch erreicht werden, dass optionale Phasen so berücksichtigt werden, dass die Phasen nur teilweise oder vollständig ausfallen können. In diesem Fall genügt es, nur jeweils eine Variante zu berechnen, bei der alle möglichen Phasen, also auch alle optionalen Phasen berücksichtigt werden.

[0056] In einer weiteren Ausführungsform kann das Steuerungsverfahren in der Weise erweitert werden, dass eine optionale Phase während der Umlaufzeit maximal nur einmal, aber an mehreren Zeitbereichen des Umlaufes angefordert werden darf. Fällt die optionale Phase an einem zeitlich ersten Zeitbereich des Umlaufes aus, so wird die optionale Phase weitergeschoben, indem die optionale Phase beispielsweise mit einer nachfolgenden Phase getauscht wird. Das Weiterschieben kann dabei auch öfters erfolgen, wobei die optionale Phase auch vollständig ausfallen kann.

[0057] In einer weiteren Ausführungsform kann eine optionale Phase in der Position mit einer oder mehreren Phasen im Umlauf getauscht werden. Als Begrenzung der hohen Variantenvielfalt beziehungsweise der Komplexität der Berechnung wird zum Beispiel vorgeschlagen, eine mögliche Abfolge von Phasen zu begrenzen, beziehungsweise vorzugeben.

[0058] Im Steuerungsablauf können Varianten von Abfolgen von Phasen ermittelt werden, die mit unterschiedlichen Wahrscheinlichkeiten eintreten. Somit können neben den Worst Case Restzeiten für das früheste Grüne jeder Signalgruppe während einer Umlaufzeit beziehungsweise das späteste Rotende jeder Signalgruppe während einer Umlaufzeit auch die Restzeiten der Grünzeit und/oder der Rotzeit jeder Signalgruppe der unterschiedlichen Varianten mit deren Wahrscheinlichkeiten laufend während der Umlaufzeit ermittelt werden. Aus den Wahrscheinlichkeiten können Erwartungswerte für die Rotrestzeiten und/oder für die Grünrestzeiten jeder Signalgruppe während eines Umlaufs, insbesondere während einer Phase ermittelt werden. Die Erwartungswerte werden zum Beispiel von einem Steuergerät für eine Start-Stopp-Automatik eines Fahrzeuges berücksichtigt, um den Motor des Fahrzeuges möglichst energiesparend zu betreiben.

[0059] Die unterschiedlichen Varianten der Abfolgen von Phasen mit oder ohne Ausfall der optionalen Phasen können zum Beispiel auch verwendet werden, um in einem Signalassistenten an der Signalgruppe oder in einem Fahrzeug einen wahrscheinlichen, aber nicht sicher vorhandenen Grünbereich anzuzeigen. Dies ist beispielsweise bei oft ausfallenden optionalen Phasen von Vorteil. Diese Vorgehensweise kann zum Beispiel bei selten fahrenden ÖPNV Fahrzeugen von Vorteil sein.

[0060] Die vorgeschlagenen Steuerungskonzepte zur Berücksichtigung kooperativer Systeme wie Restzeitanzeigen und Ampelassistenten können prinzipiell auf unterschiedliche Arten gelöst werden: frei programmiert (Anwenderlogik), geschlossener (parametriert, keine Anwenderlogik) logikbasierter Ansatz (zum Beispiel auf Basis SLX), geschlossener Ansatz (parametriert, keine Anwenderlogik) mit adaptiven Elementen und Logiken für die unterschiedlichen Variationen der Abfolgen der Phasen; geschlossener, voll adaptiver Ansatz (parametriert, keine Anwenderlogik) einschließlich adaptiver Berücksichtigung des ÖPNV Fahrzeuges und beliebige Kombinationen davon.

[0061] Mithilfe der vorgeschlagenen Verfahren kann eine minimale Dauer für ein Grüne einer Signalgruppe und/oder eine maximale Dauer für ein Rotende einer Signalgruppe angezeigt und/oder an ein Fahrzeug übertragen werden. Weiterhin können Restdauern für das Grüne und/oder für das Rotende der Signalgruppen regelmäßig während des Umlaufes der Phasen aktualisiert werden. Dabei wird jedoch vorzugsweise ein einmal berechneter Wert für eine minimale Dauer eines Endes der Grünzeit, d.h. der freien Fahrt einer Signalgruppe nur erhöht. Ein einmal berechneter Wert für eine maximale Dauer für ein Ende der Rotzeit, d.h. für eine gesperrte Fahrt durch die Signalgruppe wird vorzugsweise nur verringert. Eine prognostizierte Dauer und Wahrscheinlichkeit sowohl für die minimale Dauer für das Grüne, d.h. das Ende der Grünzeit als auch für die maximale Dauer für das Rotende, d.h. für das Ende der Rotzeit kann zum Beispiel von der wahrscheinlichsten Variante der Abfolge der Phasen verwendet werden oder von der Schaltvariante der Signalanlage, die am nächsten an einem Erwartungswert liegt.

[0062] Eine Vereinfachung der Komplexität der Steuerungsaufgabe kann dadurch erreicht werden, dass eine Ausführungsform mit folgenden Eigenschaften verwendet wird: Abläufe von Phasen werden in parametrierter Form vorgegeben und regelbasiert variiert. Als Regel kann vorgesehen sein, dass optionale Phasen teilweise oder vollständig ausfallen können. Zudem kann als Regel vorgesehen sein, dass optionale Phasen bei Nichtanforderung innerhalb des Umlaufs zeitlich nach hinten verschoben werden. Parametrisierte Phasenabfolgen können Phasen und Phasenanteile aufweisen, die ihrerseits ausfallen dürfen.

[0063] In einer Ausführungsform weist wenigstens eine oder alle Phasen eine erste Teilphase zur Abbildung von Mindestfreigabezeiten, eine zweite Teilphase, d.h. eine notwendige Grünzeit zur Abbildung von für eine Leistungsfähigkeit der Verkehrssteuerung notwendigen Freigabezeiten und eine dritte Teilphase für freie Freigabezeiten, d.h. eine freie Grünzeit für wenigstens eine Signalgruppe auf. Dabei kann die dritte Teilphase für eine freie Freigabezeit einer koordinierten Phase, d.h. für die dritte Teilphase einer Haupttrichtungsphase gekürzt werden, um eine andere Phase, die zur Beschleunigung des öffentlichen Nahverkehrs verwendet wird, zu verlängern. Zudem kann die dritte Teilphase und insbesondere die zweite Teilphase, nicht aber die erste Teilphase für die Mindestdauer einer optionalen Phase gekürzt werden, um eine andere Phase, die zur Beschleunigung des öffentlichen Nahverkehrs verwendet wird, zu verlängern.

[0064] Eine Verteilung der Grünzeit auf die Signalgruppen kann für eine Umlaufzeit adaptiv erfolgen, um bei einer gewünschten, beispielsweise optimalen Leistungsfähigkeit der Verkehrssteuerung auf eine Bemessung verzichten zu können. Zudem kann ein ÖPNV Verkehr intelligent priorisiert werden zum Beispiel unter Nutzung von freien Grünzeiten. Eine freie Grünzeit ist eine Grünzeit, die für die Leistungsfähigkeit der Verkehrssteuerung

nicht benötigt wird.

[0065] Eine Verteilung der ausgefallenen, optionalen Phasen kann adaptiv erfolgen, wobei beispielsweise Nebenbedingungen wie zum Beispiel eine Wellenlage des Verkehrsstromes berücksichtigt werden, um eine gewünschte, insbesondere maximale Leistungsfähigkeit der Verkehrssteuerung zu erhalten. Die Restzeiten für eine Grünphase und/oder für eine Rotphase für die Signalgruppen werden beispielsweise automatisch während des Umlaufes ermittelt und angepasst.

[0066] Zudem kann eine Freiprogrammierung dem vorgeschlagenen Verfahren überlagert werden, die die Zwischenergebnisse des vorgeschlagenen Verfahrens nutzen kann, aber selbst für die korrekte Ermittlung der Restzeiten der Grünphase und/oder der Rotphase der Signalgruppen verantwortlich ist.

[0067] Im Folgenden werden verschiedene Ausführungsformen für die Störung der Signalanlage dargestellt. Dabei wird eine phasenbezogene Darstellung gewählt.

[0068] In einer Ausführungsform werden Signalzeiten für eine Grünphase, eine Rotphase und Übergangsphasen für die Signalgruppen adaptiv ermittelt, so dass für jede Phase bekannt ist, welche Zeitanteile den Zwischenphasen und welche Zeitanteile den Signaldauern für Rot, d.h. sperrend oder Grün, d.h. freie Fahrt zugeordnet sind. Auf Basis einer vorgegebenen Grundphasenfolge von Phasen, die sich über eine vorgegebene Umlaufzeit, d.h. ein vorgegebenes Zeitintervall erstreckt, und immer wieder wiederholt wird, werden für alle möglichen Abfolgen der Phasen der Signalanlage die Phasendauern ermittelt, sowie die Grünrestzeiten und/oder die Rotrestzeiten der Signale der Signalgruppen.

[0069] FIG 2 zeigt, wie bereits erläutert, ein Beispiel für eine Grundphasenfolge für eine Umlaufzeit. Die Grundphasenfolge umfasst einen dritten Phasenübergang 310, der für ein Umschalten der Signalanlage von der dritten zur ersten Phase 300, 100 benötigt wird. Zwischen der ersten Phase 100 und der zweiten Phase 200 ist der erste Phasenübergang 120 vorgesehen, die zum Umschalten von der ersten zur zweiten Phase benötigt wird. Zwischen der zweiten Phase 200 und der dritten Phase 300 ist der zweite Phasenübergang 230 vorgesehen, der zum Umschalten von der zweiten zur dritten Phase benötigt wird. Von der dritten Phase 300 wird wieder zum Beginn der Grundphasenfolge geschaltet und mit dem Start der dritten Übergangsphase 310 die Grundphasenfolge wieder durchlaufen.

[0070] In einer Ausführungsform sind die einzelnen Phasen in eine notwendige Grünzeit, d.h. die zweite Teilphase und in eine freie Grünzeit, d.h. eine dritte Teilphase unterteilt werden. Die notwendige Grünzeit ist erforderlich, um eine gewünschte Leistungsfähigkeit der Verkehrssteuerung zu erhalten. Die freie Grünzeit kann für eine Optimierung der Steuerung auch reduziert werden. Für die erste Phase ist die notwendige Grünzeit 100A vor der freien Grünzeit 100B angeordnet. Für die zweite Phase 200 ist ebenfalls die notwendige Grünzeit 200A

vor der freien Grünzeit 200B angeordnet. Abhängig von der gewählten Ausführungsform kann auf eine freie Grünzeit verzichtet werden.

[0071] FIG 3 zeigt ein Beispiel, das die Grundphasenfolge der FIG 2 darstellt, wobei auf die freie Grünzeit der zweiten Phase 200 verzichtet wurde. Zudem wurde in diesem Ausführungsbeispiel die freie Grünzeit 100B der ersten Phase 100 gegenüber FIG 2 verlängert, da das Zeitintervall für die Umlaufdauer konstant bleibt. Die Verlängerung der Grünphase ist auch für eine bereits laufende Phase möglich.

[0072] FIG 4 zeigt eine Schaltsituation, bei der die dritte Phase 300, die beispielsweise als optionale Phase vorgesehen war, vollständig entfallen ist. Bei dieser Ausführungsform werden nur die erste Phase 100 und die zweite Phase 200 in verlängerter Form mit entsprechenden Übergangsphasen 120, 210 ausgeführt.

[0073] Phasen können wenigstens teilweise ausfallen, indem zuerst die freie Grünzeit reduziert wird oder bevorzugt die freie Grünzeit vollständig entfallen kann. In FIG 3 ist beispielsweise gegenüber der Schaltsituation der FIG 2 die Grünzeit 200B der zweiten Phase 200 entfallen. Die freie Grünzeit einer Phase kann entfallen, ohne die Leistungsfähigkeit der Verkehrssteuerung unter die gewünschte Leistungsfähigkeit fallen zu lassen. Abhängig von der gewählten Ausführungsform kann eine Phase auch vollständig entfallen, wenn bei Beginn der optionalen notwendigen Grünzeit der Phase keine Anforderung für die Phase vorliegt. Bei Phasen, die ganz oder teilweise ausfallen können, wird vorzugsweise keine Restzeit für das Rotende ermittelt oder angezeigt, solange die Phase nicht angefordert wurde.

[0074] Bei einer gewünschten Kompatibilität zu einem Grüne-Welle-Assistenten gilt als zusätzliche Randbedingung, dass ein innerhalb der nächsten vorgegebenen Anzahl x von Sekunden geplantes Grünende eines Signals einer Signalgruppe nicht vorgezogen werden darf, wobei die Anzahl x im Regelfall entsprechend der Fahrzeit von einer benachbarten Kreuzung zu der vorliegenden Kreuzung sowie den benötigten Latenz- und Berechnungszeiten gewählt werden sollte. Dies bedeutet, dass eine Hauptrichtungsphase bezüglich ihrem Grünende dann vorgezogen werden kann, wenn der in die Phase führende Phasenübergang und die aus der Phase führende Phasenübergang einen zeitlichen Abstand besitzen, der größer ist als die Fahrzeit von der vorhergehenden Kreuzung zu dieser Kreuzung. Für den Fall, dass die an den Restzeiten interessierten Fahrzeuge bekannt sind, können die Restriktionen entsprechend der Anzahl x der Sekunden auf die für ein Fahrzeug derzeit maximal berechnete Fahrzeit bis zu der Signalanlage reduziert werden. Ein Grüne-Welle Assistent zeigt einem Fahrzeug an, wie schnell das Fahrzeug fahren soll, damit es ohne Anhalten über eine Kreuzung fahren kann. Der grüne Welle-Assistent kann im Fahrzeug oder an der Signalanlage vorgesehen sein.

[0075] Von einer Signalsteuerung, die beispielsweise von der zentralen Recheneinheit 12 ausgeführt wird, kön-

nen optimale Trajektorien für die Fahrzeuge berechnet werden, die auch der Optimierung der Signalzeiten zugrunde liegen. Auf diese Weise kann eine Optimierung mit einem mikroskopischen Verkehrsmodell und einem Rolling Horizont erreicht werden. Regelungstechnisch ergibt sich so eine Kaskadenregelung. Ein äußerer Regelkreis übernimmt die Optimierung der Lichtsignalzeiten auf Basis von vorberechneten Fahrzeugtrajektorien. Ein innerer Regelkreis versucht mittels Anzeige von optimalen Geschwindigkeiten oder direkt durch autonomes Fahren der Fahrzeuge die vorausberechneten Trajektorien umzusetzen. Ein Vorteil dieses Verfahrens besteht darin, dass dem Fahrer nur solche Geschwindigkeiten angezeigt werden, die im Rahmen der Prognosegenauigkeit des Verkehrsmodells auch fahrbar sind. Dadurch wird vermieden, dass das Fahrzeug bei Einhaltung der vom Ampelassistenten ermittelten Sollgeschwindigkeit auf Fahrzeuge trifft, die nach der Freigabe eines Signals noch nicht losfahren konnten.

[0076] Das beschriebene Verfahren kann verwendet werden, um die Priorisierung eines ÖPNV Fahrzeuges mittels eines Ausfalls einer Phase oder mit einem Wechsel der Phasen zu erreichen.

[0077] Als Beispiel wird ein dreiphasiger Ablauf gemäß FIG 5 mit folgender Phasenfolge verwendet: erste Phase 100, zweite Phase 200, dritte Phase 300. Die erste Phase 100 wird in jedem Zeitintervall ausgeführt. Die zweite Phase 200 und die dritte Phase 300 werden nur auf Anforderung ausgeführt. Weiterhin ist eine optionale vierte Phase 400 vorgesehen, die beispielsweise für ein ÖPNV Fahrzeug wie zum Beispiel für einen Bus oder eine Straßenbahn vorgesehen ist und nur auf Anforderung geschaltet wird. Zudem ist vorgesehen, dass die vierte Phase 400 zu jedem Zeitpunkt während der Umlaufzeit geschaltet werden darf, aber je Umlauf maximal n-mal auftreten darf. In dem beschriebenen Beispiel ist die Zahl n gleich 1.

[0078] Die vierte Phase 400 kann jeweils zwischen zwei Phasen vorgesehen sein, jedoch nur einmal während der Umlaufzeit geschaltet werden. Eine adaptive Grünzeitverteilung wird so ermittelt, dass für die Berechnung der minimalen Grünzeit der Signalgruppen, insbesondere für die minimale Grünzeit der Hauptrichtung die ungünstigste Phasenfolge mit einem einmaligen Auftreten der vierten Phase 400 verwendet wird. Dies ist zum Beispiel folgende Phasenfolge: erste Phase 100, vierte Phase 400, zweite Phase 200, dritte Phase 300, wie in FIG 5 schematisch dargestellt ist. FIG 5 zeigt eine Umlaufzeit mit einer möglichen Abfolge der Phasen. Die Umlaufzeit beginnt mit einem dritten Phasenübergang 310 von der dritten Phase 300 zur ersten Phase 100. Die erste Phase 100 weist eine notwendige Grünzeit 100A und eine freie Grünzeit 100B auf. Anschließend folgt ein Phasenübergang 140 zur vierten Phase 400 und nach der vierten Phase 400 ein Phasenübergang 420 zur zweiten Phase 200. Die zweite Phase 200 weist eine notwendige Grünzeit 200A und eine freie Grünzeit 200B auf. Nach der zweiten Phase 200 erfolgt ein Phasenübergang

230 zur dritten Phase 300. Dann beginnt der Umlauf wieder von vorne mit dem dritten Phasenübergang 310.

[0079] Zudem sind die einzelnen Piktogramme 13, 16, 14, 15 für die Phasen dargestellt. Die erste Phase 100 ist mithilfe des ersten Piktogramms 13 dargestellt. Die vierte Phase 400 ist mithilfe eines vierten Piktogramms 16 dargestellt. Die vierte Phase 400 steuert die vierte Signalgruppe 9 für eine freie Fahrt für ein ÖPNV Fahrzeug, das sich von der vierten Straße 5 der Kreuzung 1 nähert und nach rechts in die erste Straße 2 abbiegen will. Zudem steuert die vierte Phase 400 die erste Signalgruppe 6A in der Weise für eine freie Fahrt für ein ÖPNV Fahrzeug, das sich von der ersten Straße 2 der Kreuzung 1 nähert und nach links die vierte Straße 5 abbiegen will. Die zweite Phase 200 ist mithilfe des zweiten Piktogramms 14 dargestellt. Die dritte Phase 300 ist mithilfe des dritten Piktogramms 15 dargestellt.

[0080] In dem dargestellten Ausführungsbeispiel ist die erste Phase 100 eine koordinierte Phase. Die koordinierte Phase wird für die Hauptrichtung verwendet. Die koordinierte Phase kann für ein autonomes Fahrsystem beziehungsweise ein Navigationssystem einen Signalassistenten für eine grüne Welle und eine Anzeige für eine Rotrestzeit bieten. Entsprechend wichtig ist der Grünbereich der ersten Phase 100. Die zweite und die dritte Phase 200, 300 werden nur auf Anforderung durchgeführt und weisen einen geringeren Grünanteil auf. Entsprechend wichtig ist hier die übrige Wartezeit, das heißt die Restrotzeit. Die vierte Phase 400 dient in dem vorgeschlagenen Ausführungsbeispiel für die Beschleunigung eines ÖPNV Fahrzeuges, das heißt für die Priorisierung eines ÖPNV Fahrzeuges beispielsweise eines Busses.

[0081] Zunächst wird als Beispiel folgendes Szenario betrachtet: Die vierte Phase 400 läuft, die erste Phase 100 soll gestartet werden und die dritte Phase 300 wurde angefordert. Die zweite Phase 200 und die vierte Phase 400 wurden nicht angefordert. Es werden zwei Prognosen berechnet: eine Mindestrestdauer für die Grünphase der ersten Phase 100, die sicher zu 100 % eintrifft, sowie eine maximale Grünrestdauer für die erste Phase 100, die eintritt, wenn die zweite Phase 200 und die vierte Phase 400 nicht angefordert werden. Zudem wird die maximale Restrotdauer für die dritte Phase 300 berechnet, wenn die zweite Phase 200 nicht ausfällt, und die minimale Restrotdauer für die dritte Phase 300, wenn die zweite Phase 200 und die vierte Phase 400 ausfallen.

[0082] Gegebenenfalls kann die erste Phase 100 für eine ÖPNV Priorisierung, das heißt für die Durchführung der vierten Phase 400 verlängert werden. Dazu können beispielsweise Phasenanteile anderer Phasen vorgezogen werden. In der Regel können nur freie Grünphasen einer anderen Phase als zusätzliche Grünphase einer laufenden Phase realisiert werden. In dem vorliegenden Beispiel kann beispielsweise eine freie Grünphase 200B der zweiten Phase 200 in eine zusätzliche Grünphase 100B der ersten Phase 100 umgewandelt werden. Diese Vorgehensweise ist dann von Vorteil, wenn das ÖPNV

Fahrzeug nicht zu dem vorgesehenen ÖPNV Fenster, sondern etwas später an der Kreuzung eintrifft.

[0083] Zudem kann die freie Grünphase 100B der ersten Phase 100 nach hinten verschoben werden, wenn das ÖPNV Fahrzeug früher als das vorgesehene ÖPNV Fenster kommt. Kann zum Beispiel die erste Phase 100 verlängert werden, so darf die mögliche Verlängerung nicht in die Restgrünzeit der ersten Phase 100 eingerechnet werden. Im Gegensatz dazu muss die Restrotphase der dritten Phase 300 die maximale Verlängerung berücksichtigen, das heißt zum Beispiel weder die freie Grünphase 100B der ersten Phase 100 noch die freie Grünphase 200B der zweiten Phase 200 darf in die Grünrestzeit der ersten Phase 100 eingerechnet werden, solange noch die Möglichkeit besteht, dass zum Beispiel die freie Grünzeitphase 100B der ersten Phase 100 nicht genutzt wird.

[0084] Sobald nun die vierte Phase 400 unmittelbar nach der ersten Phase 100 endgültig ausfällt, weil im dafür vorgesehen Zeitfenster keine ÖPNV Anforderung erfolgt ist, kann die Zeit der vierten Phase 400 auf die folgenden Phasen verteilt werden. Dabei muss aber berücksichtigt werden, dass der nächstmögliche Zeitpunkt für die vierte Phase 400 nach der zweiten Phase 200 ist und damit sich die folgende Phasenfolge ergibt: erste Phase 100, zweite Phase 200, vierte Phase 400, dritte Phase 300. Das heißt nicht die ganze Zeit der vierten Phase darf verteilt werden, sondern nur der mögliche Gewinn durch kürzere Phasenübergänge im Vergleich zur jetzt ungünstigeren Phasenfolge der zwei möglichen folgenden Phasenfolgen: erste Phase 100, zweite Phase 200, vierte Phase 400 und dritte Phase 300 oder der Phasenfolge: erste Phase 100, zweite Phase 200, dritte Phase 300 und vierte Phase 400.

[0085] Fällt nun in dieser Phasenfolge sowohl die vierte Phase 400 als auch die zweite Phase 200 aus, so ergibt sich die neue Phasenfolge: erste Phase 100, dritte Phase 300 und vierte Phase 400. Die Berechnung für die Grünendezeit der ersten Phase 100 erfolgt unter Berücksichtigung nur des Zeitanteils, der nicht ausfallen kann. Dies ist im Beispiel der Zeitanteil für die freie Grünphase 100B der ersten Phase 100. Sobald klar ist, dass das ÖPNV Fahrzeug nicht vor Ende des freien Grünanteils 100B der ersten Phase 100 starten kann, wird der Anteil des freien Grünanteils zur Grünrestdauer der ersten Phase 100 addiert. Die Voranmeldung des ÖPNV Fahrzeuges sollte im besten Fall mindestens so weit vor dem Beginn des ÖPNV Fensters liegen, wie die erste Phase 100 maximal lang ist. In diesem Fall gibt es keinen Restzeitsprung für die Freigaben, die in der ersten Phase 100 enden.

[0086] Das maximale Rotende der zweiten Phase 200 ergibt sich im Beispiel aus der Phasenfolge erste Phase 100, vierte Phase 400, zweite Phase 200, dritte Phase 300, wenn der freie Grünanteil 200B der zweiten Phase 200 genutzt wird, um die ÖPNV Phase zu verlängern. Sobald sicher ist, dass die Anmeldung des ÖPNV Fahrzeuges nicht mehr rechtzeitig für diese Phase eintrifft,

ergibt sich das maximale Rotende aus der ungünstigeren der zwei möglichen folgenden Phasenabfolgen erste Phase 100, zweite Phase 200, dritte Phase 300 und vierte Phase 400 oder erste Phase 100, zweite Phase 200, vierte Phase 400 und dritte Phase 300. In dem vorliegenden Beispiel sind beide noch möglichen Phasenabfolgen gleich günstig.

[0087] Die Berechnung der übrigen Grünrestzeiten und Rotrestzeiten erfolgt nach dem gleichen Muster. Es werden also jeweils für mögliche Variationen der möglichen Phasenfolgen für jede Signalgruppe, insbesondere für die koordinierte Phase das kürzeste Ende der Grünphase, d.h. das Grünende des Signals und das längste Ende der Rotphase, d.h. das Rotende des Signals ermittelt. Das kürzeste Grünende ändert sich stark bei üblichen Voranmeldezeiten nur, wenn die Gründauer größer als die Voranmeldezeit für die Einleitung einer optionalen Phase ist. Andererseits gilt, dass die Koordinierung weniger problematisch ist, je länger die Gründauer ist.

[0088] Eine weitere Eigenschaft dieses Ansatzes bezüglich der Koordinierung besteht darin, dass die koordinierte Phase, in diesem Beispiel die erste Phase 100 nie wesentlich verschoben wird. Es wird angenommen, dass von der koordinierten Phase höchstens die freie Grünzeit, d.h. die dritte Teilphase entfallen kann. Unter der Annahme, dass eine Voranmeldung z.B. eines ÖPNV Fahrzeuges mindestens 20 Sekunden vor dem frühesten Eintreffen, also vor Beginn eines ÖPNV Zeitfensters eingeht, kann für die koordinierte Phase, d.h. in einer Hauptrichtung immer eine sinnvolle Vorausberechnung der maximalen Rotzeit und der minimale Grünzeit erreicht werden.

[0089] Während der Phase kann unter diesen Voraussetzungen immer eine sinnvolle Vorausberechnung der maximalen verbleibenden Rotrestzeit und der verbleibenden minimalen Grünrestzeit erfolgen. Das vorgeschlagene Verfahren bewirkt, dass die optionale vierte Phase 400, in diesem Beispiel die ÖPNV Phase immer weiter geschoben wird, bis sie entweder durch ein eintreffendes ÖPNV Fahrzeug angefordert wird oder endgültig ausfällt. Es ergibt sich beim Verschieben der vierten Phase jeweils eine neue Phasenfolge, die bei der Berechnung der Rotrestzeit und der Grünrestzeit berücksichtigt werden muss.

[0090] Eine Verallgemeinerung dieses Verfahrens des partiellen Phasenschiebens ist ein partieller Phasentausch. Bei einem partiellen Phasentausch, wird die vierte Phase 400 nicht nur bei ansonsten identischer Phasenfolge durch die Phasenfolge nach hinten geschoben, sondern die vierte Phasenfolge 400 kann auch mit jeder nachfolgenden Phase vertauscht werden. Die Phasenfolge auch der übrigen Phasen darf sich ändern. In diesem Kontext wird auch ein Beispiel dafür gezeigt, dass ein Phasentausch zu Doppelanwürfen einer Phase führen kann. Doppelanwürfe sollten auch aus Leistungsfähigkeitsgründen vermieden werden.

[0091] FIG 6 zeigt die Verschiebung der vierten Phase 400 gegenüber der Phasenfolge der FIG 5 nach hinten

zeitlich nach der zweiten Phase 200.

[0092] FIG 7 zeigt eine weitere Verschiebung der vierten Phase 400 auf einen Zeitpunkt nach der dritten Phase 300. Der Umlauf beginnt mit einer Übergangsphase 410 von der vierten Phase 400 zu der ersten Phase 100. Nach der ersten Phase 100 kommt eine Übergangsphase 120 zur zweiten Phase 200. Nach der zweiten Phase 200 kommt eine Übergangsphase 230 zur dritten Phase 300. Nach der dritten Phase 300 kommt eine Übergangsphase 340 zur vierten Phase 400. Anschließend beginnt die Abfolge wieder von vorne. Die erste Phase weist eine notwendige und eine freie Grünphase 100A, 100B auf. Die zweite Phase 200 weist eine notwendige und eine freie Grünphase 200A, 200B auf. Die Übergangsphasen stellen Phasen dar, in denen keine Signalgruppe eine Grünphase aufweist, sondern ein Umschalten der Signale stattfindet. Wie bereits erläutert, werden die in den FIG 5, 6, 7 dargestellten Phasenfolgen nur zur Berechnung der minimalen Grünzeiten und/oder der maximalen Rotzeiten verwendet, ohne dass die optionalen Phasen, insbesondere die vierte Phase tatsächlich realisiert werden muss.

[0093] FIG 8 zeigt ein Beispiel zur Ermittlung des frühesten Grünendes der ersten Phase 100 und für die Ermittlung des spätesten Rotendes der zweiten Phase 200 im Bereich des Zeitfensters von $t_x=7$ und $t_x=49$. Mit t_x sind Umlaufsekunden innerhalb der Umlaufzeit einer Phasenfolge bezeichnet. Die Signalanlage mit den Detektoren ist so aufgebaut, dass die Ankunft eines ÖPNV Fahrzeuges spätestens 25 Sekunden vor dem Eintreffen an der Signalgruppe bei schnellstem Fahrtverlauf beziehungsweise 30 Sekunden bei langsamstem Fahrtverlauf detektiert wird. Zusammenfassend ergibt sich für dieses Beispiel folgendes einfaches Muster zur Ermittlung des frühesten Grünendes der ersten Phase 100. Das frühestmögliche Grünende der ersten Phase 100 ist das Ende des notwendigen Grünanteils 100A. Bei rechtzeitigem Eintreffen des ÖPNV Fahrzeuges an der Voranmeldung liegt das Grünende immer fest und ist größer oder gleich des notwendigen Grünanteils 100A. Das Grünende kann auch später sein als das Ende des notwendigen und des freien Grünanteils 100A, 100B, indem der freie Grünanteil 200B der zweiten Phase 200 für eine Verlängerung des Grünanteils der ersten Phase 100 verwendet wird. Trifft z.B. zum Ende des notwendigen Grünanteils 100A kein ÖPNV Fahrzeug ein, so verschiebt sich das Grünende der ersten Phase jeweils um eine festgelegte Zeit, beispielsweise eine Sekunde nach hinten, bis das Ende des freien Grünanteils 100A erreicht ist.

[0094] Zunächst ist das früheste Grünende der ersten Phase 100 bei der Zeit $t_x = 25$. Fordert das ÖPNV Fahrzeug zwischen der Umlaufsekunde $t_x = 8$ und $t_x = 16$ eine vierte Phase 400 an, so verschiebt sich das früheste Grünende der ersten Phase 100 nach hinten. Fordert das ÖPNV Fahrzeug bei der Umlaufsekunde $t_x = 8$ eine vierte Phase 400 an, so verschiebt sich das früheste Grünende zu der Zeit $t_x = 26$. Fordert das ÖPNV Fahrzeug eine vierte Phase 400 bei der Umlaufsekunde $t_x = 16$ an,

so verschiebt sich das früheste Grünende der ersten Phase 100 zu der Zeit $t_x = 34$. Eine Korrektur der Restzeit des Grünendes erfolgt erst bei tatsächlicher Anmeldung. Auch bei Anmeldung zu einem Zeitpunkt $t_x = 17, 18$ erfolgt die Korrektur des frühesten Grünendes auf $t_x = 34$.

[0095] In dem beschriebenen Beispiel kann ein ÖPNV Fahrzeug in der ersten Phase 100 dafür sorgen, dass die erste Phase 100 um maximal 6 Sekunden verlängert wird. Dabei werden 6 Sekunden der gesamten freien Grünphase 200B der zweiten Phase 200 für die Verlängerung der Grünphase der ersten Phase 100 verwendet. Dies bedeutet, dass die freie Grünphase der ersten Phase um bis zu 6 Sekunden länger sein kann, während der freie Grünanteil der zweiten Phase und bis zu 6 Sekunden kürzer sein kann, d.h. entfallen kann. Trifft das ÖPNV Fahrzeug zum Zeitpunkt $t_x = 19$ ein, so muss die erste Phase 100 um eine Sekunde verlängert werden. Entsprechend wird das Grünende der ersten Phase 100 auf den Zeitpunkt $t_x = 35$ korrigiert. Trifft das ÖPNV Fahrzeug zum Zeitpunkt $t_x = 23, 24$ ein, so wird das Grünende der ersten Phase 100 auf den Zeitpunkt $t_x = 40$ korrigiert. Ist bis zu dem Zeitpunkt $t_x = 24$ das ÖPNV Fahrzeug nicht eingetroffen, so wird die vierte Phase 400 auch nicht mehr nach der ersten Phase 100 durchgeführt. Die nächste Möglichkeit für das ÖPNV Fahrzeug ist dann nach der zweiten Phase 200 entsprechend der FIG 9.

[0096] Beträgt die Voranmeldezeit, zu der der Detektor 11 die Ankunft des ÖPNV Fahrzeuges vor dem tatsächlichen Eintreffen an der entsprechenden Signalgruppe feststellt, bei 25 Sekunden bei einer schnellen Fahrt des ÖPNV Fahrzeuges, so ist in diesem Fall die Voranmeldezeit um 2 Sekunden zu kurz, um die ÖPNV Phase rechtzeitig einzuleiten. Die Voranmeldezeit ist deshalb so kurz, da der Beginn der Voranmeldezeit eigentlich 1 Sekunde vor Ende der notwendigen Grünphase 100A der ersten Schaltzeit 100 beginnen sollte, um rechtzeitig entscheiden zu können, ob die freie Grünphase 100B der ersten Schaltzeit 100 ganz entfallen kann.

[0097] Ein Rotende für die zweite Phase 200 springt bei einer Ankunftszeit des ÖPNV Fahrzeuges zum Zeitpunkt $t_x = 24$ von der Zeit $t_x = 67$ mit einer Rotrestzeit von 44 Sekunden zurück auf die Zeit $t_x = 49$ mit einer Rotrestzeit von 26 Sekunden. Das prognostizierte Grünende der ersten Phase 100 wird auf den Zeitpunkt $t_x = 26$ verschoben, wenn auch zum Zeitpunkt $t_x = 24$ kein ÖPNV Fahrzeug eintrifft. Mit jeder weiteren Sekunde, die kein ÖPNV Fahrzeug vom Detektor erfasst wird, wird das Grünende der ersten Phase 100 um jeweils eine Sekunde weitergeschoben bis zu dem Zeitpunkt $t_x = 33$ das endgültige Grünende der ersten Phase zum Zeitpunkt $t_x = 35$ erreicht ist. Trifft im Zeitraum zwischen $t_x = 24$ und $t_x = 32$ ein ÖPNV Fahrzeug ein, so wird das Rotende der zweiten Phase 200 vorgezogen. Bei einem Eintreffen des ÖPNV Fahrzeuges zum Zeitpunkt $t_x = 24$ wird das Rotende der zweiten Phase 200 auf den Zeitpunkt $t_x = 40$ Sekunden festgelegt. Trifft das ÖPNV Fahrzeug bei dem Zeitpunkt $t_x = 32$ ein, so wird das Rotende der zweiten Phase 200 auf den Zeitpunkt $t_x = 48$ Sekunden festge-

legt. Ab einem Zeitpunkt von $t_x = 33$ bleibt das Rotende der zweiten Phase 200 bei dem Zeitpunkt $t_x = 49$ Sekunden, unabhängig davon, ob ein ÖPNV Fahrzeug vom Detektor 11 detektiert wird oder nicht. Mit der Detektion des ÖPNV Fahrzeuges wird gleichzeitig eine vierte Phase 400 angefordert.

[0098] In einzelnen Bereichen kann die verlässliche Grünrestzeit einer Phase nur sekundenweise verlängert werden, wenn die Flexibilität erhalten bleiben soll, dass ein ÖPNV Fahrzeug jederzeit eine vierte Phase 400 anfordern kann. Wegen dieser Eigenschaft wird vorgeschlagen, auch eine Information über den Signalverlauf ohne die vierte Phase an Fahrzeuge zu übermitteln. Zudem kann in einer Ausführungsform auch eine Wahrscheinlichkeit mit dem Signalverlauf übermittelt werden, der angibt, wie groß die Wahrscheinlichkeit für den Signalverlauf ist. Die Wahrscheinlichkeit kann gemittelt auch für jede Sekunde genau angegeben werden.

[0099] Weiterhin kann es von Vorteil sein, die Information, dass sich ein ÖPNV Fahrzeug der Kreuzung nähert und eine vierte Phase 400 anfordert, oder die Situation, dass ein hochpriorer Signaleingriff beispielsweise durch ein Einsatzfahrzeug der Polizei, der Feuerwehr oder eines Krankenwagens stattfindet, an die Fahrzeuge zu übertragen. Aufgrund dieser Information ist es den Fahrzeugen bekannt, wann der wahrscheinliche Signalverlauf wegen eines ÖPNV Eingriffs nicht eintritt, sondern ein Worst Case Signalverlauf oder sogar auch der Worst Case Signalverlauf nicht eingehalten werden kann zum Beispiel wegen eines hochprioreren Signaleingriffs.

[0100] Zudem kann mithilfe des beschriebenen Verfahrens eine ÖPNV Priorisierung mittels Phasentausch erreicht werden. Es wird von einer Verkehrssituation ausgegangen, bei der ein Hauptkorridor mit ausgeprägter Morgenspitze und Abendspitze vorliegt. Linksabbieger sind hier nur in Hauptlastrichtung frequentiert und eigens signalisiert. In Mittellage gibt es eine Straßenbahn. Die Nebenrichtung besitzt zeitweise ebenfalls eine ausgeprägte Verkehrsnachfrage.

[0101] FIG 10 zeigt in einer schematischen Darstellung mithilfe von Piktogrammen eine Grundphasenfolge für einen Umlauf. Die Grundphasenfolge ist: erste Phase 100, zweite Phase 200, dritte Phase 300 und dann die vierte Phase 400. Die erste Phase 100 bedient auch den öffentlichen Verkehr (ÖPNV), der in diesem Fall durch die Straßenbahn realisiert ist. Der öffentliche Verkehr soll ohne Halt freie Fahrt über die Kreuzung haben.

[0102] FIG 11 zeigt in einer schematischen Darstellung einen adaptiven Signalplan der Grundphasenfolge für eine Umlaufzeit. Die Umlaufzeit beginnt mit einem Phasenübergang 410, bei dem von der vierten Phase auf die erste Phase 100 übergegangen wird.

[0103] Nach der ersten Phase 100 folgt ein Phasenübergang 120, mit dem auf die zweite Phase 200 übergegangen wird. Nach der zweiten Phase 200 erfolgt ein Phasenübergang 230, mit dem auf die dritte Phase 300 übergegangen wird. Nach der dritten Phase 300 erfolgt ein Phasenübergang 340, mit dem auf die vierte Phase

400 übergegangen wird.

[0104] Betrachtet man die Phasen im Bild der FIG 11, so bedeutet die erste Phase 100 eine Signalisierung der ersten und der dritten Signalgruppe 6,8 in der Weise, dass Fahrzeuge von der ersten Straße 2 und von der dritten Straße 4 eine Freigabe über die Kreuzung haben. Die zweite Phase 200 bedeutet eine Signalisierung der Signalgruppen 8 und 8A in der Weise, dass Fahrzeuge der dritten Straße 4 in gerader Fahrt über die Kreuzung und Fahrzeuge der dritten Straße 4, die links in die zweite Straße 3 abbiegen wollen, eine Freigabe, d.h. eine freie Fahrt haben. Die dritte Phase 300 bedeutet eine Signalisierung der zweiten Signalgruppe 7 und der vierten Signalgruppe 9 in der Weise, dass Fahrzeuge, die sich von der zweiten Straße 3 und der vierten Straße 5 der Kreuzung 1 nähern und gerade über die Kreuzung 1 fahren wollen, eine Freigabe, d.h. freie Fahrt haben. Die vierte Phase 400 bedeutet eine Signalisierung der Signalgruppen 6 und 6A in der Weise, dass Fahrzeuge, die sich auf der ersten Straße 2 der Kreuzung 1 nähern und gerade über die Kreuzung 1 fahren wollen oder nach links in die vierte Straße 5 abbiegen wollen, eine Freigabe erhalten. Die vierte Phase 400 bedient auch den öffentlichen Verkehr, bei dem die Straßenbahn entweder gerade über die Kreuzung 1 fahren will oder nach links in die vierte Straße 5 abbiegen will. Die erste und die dritte Straße 2, 4 stellen die Hauptlastrichtung dar. Die zweite Straße 3 und die vierte Straße 5 stellen die Nebenrichtung dar.

[0105] Ohne Phasenausfälle ergeben sich für eine ÖPNV Priorisierung die anhand der FIG 12 bis 15 dargestellten möglichen Phasenabfolgen während einer Umlaufzeit. Die Fenster des ÖPNV nutzen neben der freien Grünphase 100B der ersten Phase 100 auch die notwendigen Grünphasen 300 und 400 der dritten Phase 300 und der vierten Phase 400.

[0106] In der Grundphasenfolge, die in FIG 12 dargestellt ist, können die notwendigen Grünphasen 300 und 400 der dritten Phase 300 beziehungsweise der vierten Phase 400 in einem Umlauf auf einen früheren oder späteren Umlauf verschoben werden. Dadurch kann z.B. die Grünphase der ersten Phase 100 um 13 Sekunden vorgezogen und verlängert werden. Dies bedeutet, dass ein ÖPNV Eingriff zur kurzzeitigen Überlast der dritten Phase 300 und der vierten Phase 400 führen kann. Eine entsprechende Überlast kann durch eine Zuweisung der freien Grünphase 100A der ersten Phase 100 an die dritte Phase 300 und an die vierte Phase 400 in nachfolgenden Umläufen wieder ausgeglichen werden. Durch Phasenausfälle, im Beispiel besonders wahrscheinlich für die zweite Phase 200, erhöht sich die Flexibilität wegen des entfallenden Phasenüberganges um weitere 12 Sekunden.

[0107] Weitere Möglichkeiten ergeben sich aus dem Gedanken, dass die erste Phase mit jeder Phase der Grundphasenfolge getauscht werden kann. Dabei sind Korrekturen notwendig, wenn sich dadurch ungünstige Signalisierungen ergeben. Bei einem Tausch der ersten Phase 100 mit der zweiten Phase 200, wie in FIG 13

dargestellt, würde sich ein Doppelanwurf in der Hauptrichtung, d.h. in West-Ost-Richtung ergeben. Deshalb wird die zweite Phase 200, die die Phase mit einem geringeren Grünanteil darstellt, in diesem Fall durch eine fünfte Phase 500 ersetzt. Zudem wird die fünfte Phase 500 noch mit der vierten Phase 400 getauscht.

[0108] Die fünfte Phase 500 beinhaltet eine Signalisierung der Signalgruppe 6A in der Weise, dass Fahrzeuge, die sich auf der ersten Straße 2 der Kreuzung 1 nähern und nach links in die vierte Straße 5 abbiegen wollen, eine Freigabe erhalten. Zudem beinhaltet die fünfte Phase 500 eine Signalisierung der Signalgruppe 8A in der Weise, dass Fahrzeuge, die sich auf der dritten Straße 4 der Kreuzung 1 nähern und nach links in die zweite Straße 3 abbiegen wollen, eine Freigabe erhalten. Diese Fahrsituation ist in einem fünften Piktogramm 17 in FIG 13 dargestellt.

[0109] Somit ergibt sich für den ÖPNV Eingriff folgende verschiedene mögliche Abfolgen der Phasen:

- a) erste Phase 100, zweite Phase 200, dritte Phase 300;
- b) fünfte Phase 500, vierte Phase 400, erste Phase 100, dritte Phase 300;
- c) vierte Phase 400 und erste Phase 100.

[0110] Bei einem Tausch der ersten Phase 100 mit der dritten Phase 300, wie in FIG 14 dargestellt ist, ergibt sich für den ÖPNV Eingriff folgende mögliche Abfolgen der Phasen:

- a) erste Phase 100, zweite Phase 200;
- b) erste Phase 100, vierte Phase 400, dritte Phase 300, zweite Phase 200;
- c) dritte Phase 300, vierte Phase 400, erste Phase 100.

[0111] Bei einem Tausch der ersten Phase 400 mit der vierten Phase 500, wie in FIG 15 dargestellt ist, ergäbe sich ein Doppelanwurf in Ost-West-Richtung. Daher wird die zweite Phase 200, die die Phase mit einem geringeren Grünanteil darstellt, wieder mit der fünften Phase 500 ersetzt. Dabei ergibt sich für den ÖPNV Eingriff folgende mögliche Abfolgen der Phasen:

- a) erste Phase 100, zweite Phase 200, dritte Phase 300;
- b) erste Phase 100, vierte Phase 400, fünfte Phase 500, dritte Phase 300;
- c) vierte Phase 400, erste Phase 100.

[0112] Bei jeder der Varianten ergibt sich durch die notwendigen Grünanteile der Phasen, d.h. durch die zweiten Teilphasen eine zusätzliche Flexibilität. Dabei müssen die während eines Umlaufes ausgefallenen notwendigen Grünanteile der Phasen in den nächsten Umläufen nachgeholt werden. Eine weitere Flexibilität ergibt sich durch einen Phasenausfall, der sehr wahrscheinlich für die

zweite Phase beziehungsweise die fünfte Phase auftritt. Die Phasendauern können entsprechend einer Readaptierung auch adaptiv berechnet werden. Dies ist insbesondere dann von Nutzen, wenn auch Phasen ausfallen können, deren gewonnene Zeit sowohl für den ÖPNV Eingriff als auch für die Verbesserung des Verkehrsablaufs genutzt werden können. Ein Vorziehen oder Verzögern von Anteilen der Phasen kann gegebenenfalls auch rein regelbasiert erfolgen, zum Beispiel durch Bilanzierung.

[0113] Eine adaptive Berechnung kann auf Basis eines Gesamtphasenablaufs von zwei Umläufen berechnet werden, wobei jeweils alle Varianten berücksichtigt werden. Die möglichen Varianten sind:

- a) [100, 200, 300, 400, 100, 200, 300, 400, 100],
- b) [100, 200, 300/500, 400, 100, 300/400, 100],
- c) [100, 200/100, 400, 300, 200/300, 400, 100],
- d) [100, 200, 300/100, 400, 500, 300/400, 100], wobei mit 100 die erste Phase, mit 200 die zweite Phase, mit 300 die dritte Phase, mit 400 die vierte Phase und mit 500 die fünfte Phase bezeichnet ist.

[0114] Für jede der möglichen Varianten ergeben sich so eigene Phasenanteile. Die Readaptierung greift dann nur innerhalb einer Variante, wenn eine Phase ausfällt.

[0115] Die Verwendung einer Readaptierung hat auch den Vorteil, dass die Ansätze ÖPNV Priorisierung durch einen Phasenausfall und ÖPNV Priorisierung durch ein Phasenschieben kombiniert werden können. Zum Beispiel kann in dem Fall, dass die Nebenrichtung ebenfalls mit mehreren Phasen bedient wird (zum Beispiel gerade und rechts sowie links) und so die Hauptrichtungsphase nicht mit jeder Nebenrichtungsphase getauscht werden kann. In diesem Fall könnte die ÖPNV Phase zum Beispiel zusätzlich als auszufallende Phase zwischen gerade und rechts sowie Linksabbieger gelegt werden.

[0116] Die Restrotzeiten und Restgrünzeiten werden dann analog zum Verfahren des partiellen Phasenschlebens (Phasentausch mit Folgephase) berechnet. Dabei wird jeweils die maximale Rotzeit und die minimale Grünzeit aus allen möglichen Phasenabläufen unter Berücksichtigung aller möglichen Phasenverlängerungen ermittelt. Je früher dabei eine Voranmeldung für ein ÖPNV Fahrzeug vorliegt, umso früher ist die zu verwendende tatsächliche Abfolge der Phasen bekannt. Je früher die zu verwendende Abfolge der Phasen bekannt ist, umso geringer ist die Zahl der zu berechnenden Varianten. Ziel sollte es sein, den Voranmeldezeitpunkt des ÖPNV Fahrzeuges so früh zu legen, dass zu jedem Zeitpunkt nur eine mögliche Phasenabfolge existiert.

[0117] Aufgrund der notwendigen Korrektur des Phasenablaufs zur Vermeidung von Doppelanwürfen, wie zum Beispiel Ersatz der zweiten Phase 200 durch die fünfte Phase 500 und Tausch der fünften Phase 500 mit der vierten Phase 400, wird vorgeschlagen, dass die möglichen Phasenabläufe nicht automatisch ermittelt werden, sondern manuell vorgegeben werden können.

Dadurch wird einerseits eine hohe planerische Flexibilität erreicht, indem auch Phasenfolgen ermöglicht werden, die durch den beschriebenen regelbasierten Ansatz nicht entstehen würden. Zudem wird dadurch eine Reduktion der möglichen Varianten erreicht.

[0118] Ein Vorteil des beschriebenen Verfahrens besteht darin, auf Basis von Steuerungsszenarien Schaltzeiten für die Signalanlage bereitzustellen. Eine Philosophie des beschriebenen Verfahrens besteht darin, bei einem gegebenen Sollverhalten der Lichtsignalanlage einschließlich einer ÖPNV Phase bestmögliche Schaltzeiten und Schaltzeitprognosen zu ermitteln, um kooperative Systeme z.B. mit Fahrzeugen zu ermöglichen. Dabei kann auch für die Beschleunigung des ÖPNV Verkehrs freiwillig auf Qualität verzichtet werden, um die Qualität der kooperativen Systeme zu erhöhen.

[0119] Die Signalgruppen 6, 6A, 7, 8, 8A, 9 weisen für die möglichen Fahrrichtungen beispielsweise eine erste Anzeige, zum Beispiel in Rot für gesperrt, eine zweite Anzeige, zum Beispiel in Gelb für Übergangsphase, und eine dritte Anzeige beispielsweise in Grün für freie Fahrt auf. Zudem kann jede Signalgruppe 6, 6A, 7, 8, 8A, 9 eine Anzeige für ein Rotende und/oder eine Anzeige für ein Grünende aufweisen. Wie bereits ausgeführt wird mit der Anzeige für das Grünende vorzugsweise ein frühestes Grünende dargestellt. Zudem wird vorzugsweise für die Anzeige für das Rotende ein spätestes Rotende dargestellt.

[0120] Eine Anmeldung eines ÖPNV Fahrzeuges an der Kreuzung kann mithilfe eines Detektors 11 erfolgen, der die Annäherung des ÖPNV Fahrzeuges in Richtung auf die Kreuzung erfasst. Abhängig von der gewählten Ausführungsform können mehrere Detektoren in Fahrtrichtung vor der Kreuzung 1 in einer Straße vorgesehen sein. Dabei kann mithilfe eines weit entfernten Detektors eine Voranmeldung des ÖPNV Fahrzeuges erfolgen. Mithilfe des zweiten Detektors, der näher an der Kreuzung angeordnet ist, kann eine Hauptanmeldung des ÖPNV Fahrzeuges erfolgen. Zudem kann mithilfe eines weiteren Detektors eine Abmeldung des ÖPNV Fahrzeuges erfolgen, nachdem das ÖPNV Fahrzeug die Kreuzung überquert hat und den weiteren Detektor passiert hat.

[0121] FIG 16 zeigt in einer schematischen Darstellung ein Fahrzeug 10, das eine Sende-Empfangeinheit 22, ein Steuergerät 21 und eine Anzeige 23 aufweist. Die Sende-Empfangeinheit 22 ist ausgebildet, um Informationen, insbesondere Prognosen für Grünzeiten, Rotzeiten und/oder Wahrscheinlichkeiten für Grünzeiten und/oder Rotzeiten, insbesondere Restgrünzeiten und/oder Restrotzeiten von den Recheneinheiten der Signalgruppen und/oder von der zentralen Recheneinheit 12 zu erhalten. Das Steuergerät 21 kann die Funktion einer Motorsteuerung und/oder die Funktion eines Fahrerassistenzsystems ausführen. Mithilfe der Motorsteuerung und/oder mithilfe des Fahrerassistenzsystems kann die Geschwindigkeit des Fahrzeuges abhängig von der empfangenen Information angepasst werden. Zu-

dem kann das Steuergerät 21 ausgebildet sein, um mithilfe der Anzeige 23 die Informationen, insbesondere Grünzeiten, Rotzeiten, Restgrünzeiten und/oder Restrotzeiten der Signalgruppen und/oder Wahrscheinlichkeiten für die Zeiten darstellen.

[0122] Beispielsweise kann eine Restzeit einer Freigabe und/oder einer Sperrung einer Signalgruppe angezeigt werden, wobei die Restzeit insbesondere zeitlich gestaucht angezeigt wird. Zudem kann eine prognostizierte Freigabezeit gekürzt angezeigt werden und/oder eine prognostizierte Sperrzeit verlängert angezeigt werden. Die Restzeit eines Freigabebereichs und/oder die Restzeit eines Sperrbereichs kann grafisch dargestellt werden, wobei die grafische Darstellung, insbesondere eine Farbtintensität der grafischen Darstellung abhängig von einer Wahrscheinlichkeit für die Restzeit unterschiedlich gewählt wird. Beispielsweise können für die verschiedenen Wahrscheinlichkeiten verschiedene Farben und/oder verschieden grafische Darstellungen gewählt werden.

[0123] 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 zum Steuern einer Signalanlage, insbesondere einer Lichtsignalanlage, mit wenigstens drei Signalgruppen, wobei die Signalgruppen sich kreuzende Verkehrsströme steuern, wobei für jede Signalgruppe wenigstens ein Zeitbereich mit einer Freigabe und wenigstens ein Zeitbereich mit einer Sperrung vorgesehen ist, wobei insbesondere basierend auf Verkehrsdaten eine Abfolge von wenigstens drei Phasen mit jeweils festgelegten Zuständen der Signalgruppen für jeweils ein Zeitintervall geplant wird, wobei wenigstens eine geplante Phase wenigstens eine optionale Teilphase aufweist, wobei die optionale Teilphase auf Abruf durchgeführt wird, wobei bei Nichtabruf der optionalen Teilphase die optionale Teilphase wenigstens nicht zu diesem Zeitpunkt durchgeführt wird, und wobei eine aufgrund der nicht durchgeführten Teilphase frei gewordene Zeit nach einem vorgegebenen Verfahren auf wenigstens eine andere im Zeitintervall nicht ausgefallene Phase verteilt wird und im laufenden Zeitintervall oder im nächsten Zeitintervall umgesetzt wird, und wobei die Signalgruppen entsprechend der Phasen gesteuert werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die frei gewordene Zeit nach einem vorgeplanten Anteil der nicht ausgefallenen Phasen auf die nicht ausgefallenen Phasen verteilt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die ausgefallene Zeit durch eine modellbasierte Adaption auf die nicht ausgefallenen Phasen verteilt wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die geplante Abfolge der noch nicht ausgeführten Phasen des Zeitintervalls in der Weise verändert wird, dass die optionale Phase bei Nichtanforderung auf einen späteren Zeitbereich verschoben wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei eine erste Phase für die Hauptrichtung während des Zeitintervalls immer durchgeführt wird.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei eine Phase in eine erste Teilphase zur Abbildung von Mindestfreigabezeiten, in eine zweite Teilphase zur Abbildung von für eine Leistungsfähigkeit der Verkehrssteuerung notwendige Freigabezeiten und eine dritte Teilphase für freie Freigabezeiten der Signalgruppen unterteilt ist.
7. Verfahren nach Anspruch 5, wobei die dritte Teilphase einer Phase für eine Hauptrichtung und/oder die dritte Teilphase einer optionalen Phase und/oder die zweite Teilphase einer optionalen Phase gekürzt werden, um eine Phase, die zur Beschleunigung des öffentlichen Nahverkehrs verwendet wird, zu verlängern, wobei insbesondere jede Teilphase ausfallen kann.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die optionale Phase wenigstens teilweise oder vollständig ausgelassen wird, wenn die optionale Phase nicht bis zu einem vorgegebenen Zeitpunkt abgerufen wird.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei eine optionale Phase eine Phase für ein ÖPNV Fahrzeug oder einen Fußgänger oder ein Fahrzeug sein kann.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei Zeitdauern der Teilphasen eines Zeitintervalls phasenabhängig und abhängig von Verkehrsdaten adaptiv ermittelt werden und die Zeitdauern der Phasen entsprechend angepasst werden, wobei insbesondere Teilphasendauern eines Zeitintervalls aus vorgegebenen Zeitbereichen und/oder von festgelegten T-Zeitpunkten abgeleitet werden.
11. Verfahren nach Anspruch 10, wobei abhängig von den Verkehrsdaten Anfang und Ende der Freigabe der Hauptrichtungsphase nur bis zu jeweils einem festgelegten Zeitintervall vorgezogen wird, um insbesondere eine Kompatibilität mit einer Grünen Welle für den Verkehr der Hauptrichtung zu ermöglichen.
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei in einer Phasenfolge eines Zeitintervalls mit mindestens drei Phasen, wenigstens eine optionale Phase zur Bedienung eines öffentlichen Nahverkehrs vorgesehen ist, wobei die optionale Phase mit der jeweils folgenden Phase getauscht wird, wenn die optionale Phase nicht bis zu einem vorgegebenen Zeitpunkt angefordert wird.
13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei mehrere alternative Phasenfolgen vorgesehen sind, und in jeder der alternativen Phasenfolgen mindestens eine optionale Phase für den öffentlichen Nahverkehr vorgesehen ist, und wobei bei einer Anforderung der optionalen Phase durch ein ÖPNV Fahrzeug in die Phasenfolge gewechselt wird, mit der das ÖPNV Fahrzeug mit einer geringsten Verzögerung die Kreuzung passieren kann, insbesondere ohne Abbremsen des ÖPNV Fahrzeuges.
14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei ein zeitlicher Endbereich einer Freigabe und/oder einer Sperrung vorgegeben ist, wobei der Endbereich, insbesondere eine vorgegebene Anzahl von Sekunden nicht mehr geändert wird, wobei insbesondere ein Steuerungseingriff während des festgelegten Endbereiches unterdrückt wird.
15. Verfahren nach Anspruch 14, wobei bei einer phasenorientierten Steuerung der Endbereich in Phasenübergängen zwischen den Phasen enthalten ist, und insbesondere für jeden Phasenübergang individuell parametrisiert werden kann, oder wobei Mindeststresdauern von Phasen individuell parametrisiert werden können.
16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei Freigabezeiten angeforderter oder nicht ausgefallener Phasen in geringem Umfang gekürzt werden dürfen, abhängig von einer vorgegebenen Verwendung, insbesondere einer Anzeige einer Schaltzeitprognose.
17. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die während eines festgelegten Zeitintervalls ankommenden Fahrzeuge ermittelt werden, wobei die ermittelte Anzahl verwendet wird, um daraus eine Warteschlange von Fahrzeugen bei Signalsperrung zu ermitteln, wobei aus der Warteschlange eine Fahrtrajektorie für ein oder mehrere in einem Zeitintervall ankommenden Fahrzeuge in der Weise ermittelt wird, so dass die Anzahl der Halte und/oder der Kraftstoffverbrauch und/oder Emissionen reduziert werden. oder andere Zielfunktionswerte optimiert werden.
18. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche

che, wobei für verschiedene mögliche zukünftige Steuereingriffe während einer vorgegebenen Zeitdauer für wenigstens eine Signalgruppe ein minimaler Zeitbereich einer Freigabe in der Weise ermittelt wird, dass sich der minimale Zeitbereich der Freigabe durch einen Steuereingriff nur verlängern, aber nicht verkürzen kann, wobei insbesondere der ermittelte Zeitbereich an ein Fahrzeug übertragen wird.

19. Verfahren nach Anspruch 18, wobei während der Freigabe einer Signalgruppe oder während der Sperrung einer Signalgruppe eine Restzeit bis zum Ende der Freigabe oder bis zum Ende der Sperrung ermittelt wird, und wobei die Restzeit angezeigt oder ausgegeben wird, insbesondere an ein Fahrzeug übertragen wird.

20. Verfahren nach Anspruch 18 oder 19, wobei für mehrere vorgegebene Steuereingriffe Schaltzeitprognosen für eine Freigabe und/oder eine Sperrung wenigstens einer Signalgruppe ermittelt werden, wobei insbesondere für die Schaltzeitprognosen Wahrscheinlichkeiten eines Eintreffens ermittelt werden, und wobei die ermittelten Schaltzeitprognosen und insbesondere deren Wahrscheinlichkeiten angezeigt oder ausgesendet werden, insbesondere an ein Fahrzeug übermittelt werden.

21. Verfahren nach Anspruch 20, **dadurch gekennzeichnet, dass** aus den Schaltzeitprognosen und den Wahrscheinlichkeiten der Schaltzeitprognosen mindestens ein Erwartungswert berechnet wird, dass der Erwartungswert für eine Berücksichtigung durch mindestens eine Funktion eines Fahrzeuges, insbesondere durch eine Motorsteuerung oder ein Fahrerassistenzsystem vorgesehen ist.

22. Verfahren nach einem der Ansprüche 18 bis 21, **dadurch gekennzeichnet, dass** die minimalen Zeitbereiche der Freigaben der Signalgruppen der jeweiligen Freigabe der Signalgruppen bei einer vorgegeben Abfolge von vorgegebenen Phasen entspricht, wenn keine Phase ausfällt, und dass bei einem wenigstens teilweisen Ausfall einer Phase die minimalen Zeitbereiche der Freigaben der nicht ausgefallenen Phasen und damit der dort freigegebenen Signalgruppen vergrößert wird.

23. Verfahren nach einem der Ansprüche 18 bis 22, **dadurch gekennzeichnet, dass** für gerade nicht freigegebene Signalgruppen einer Nebenrichtung nicht eine Lage und eine minimale Ausdehnung der Freigabe ermittelt werden, sondern ein spätester Beginn der Freigabezeit.

24. Verfahren nach einem der Ansprüche 18 bis 23, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine vorgegebene

Restzeit einer Freigabezeit nicht mehr verändert wird.

25. Verfahren nach einem der Ansprüche 18 bis 24, **dadurch gekennzeichnet, dass** nach einem Phasentausch ein spätestes Ende einer Freigabezeit der Phasen aus allen Variationen des möglichen wechselseitigen Phasentauschs der ÖPNV Phase berechnet wird und die Teilphasen der Phasen, die bei ÖPNV Eingriff entfallen können bei der Berechnung der kürzesten Freigabezeit der Signalgruppen berücksichtigt wird oder nicht, abhängig davon, welche Berechnung eine kürzere Freigabezeit ergibt.

26. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 18 bis 25, **dadurch gekennzeichnet, dass** die spätesten Freigabezeiten der Phasen aus allen Variationen der möglichen Phasenabfolgen berechnet werden und die Teilphasen der Phasen, die bei ÖPNV Eingriff entfallen können, bei der Berechnung der kürzesten Freigabezeit der Signalgruppen jeweils berücksichtigt werden oder nicht, je nachdem, welche Berechnung eine kürzere Freigabezeit ergibt.

27. Verfahren nach einem der Ansprüche 25 oder 26, **dadurch gekennzeichnet, dass** zusätzlich minimale Freigabezeiten für den Fall ermittelt werden, dass eine ÖPNV Phase komplett entfällt.

28. Recheneinheit, die ausgebildet ist, um ein Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche auszuführen.

29. Computerprogrammprodukt mit Programmcodemitteln, die ausgebildet sind, um ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 27 auszuführen, wenn die Programmcodemittel auf einer Recheneinheit ablaufen.

FIG 1

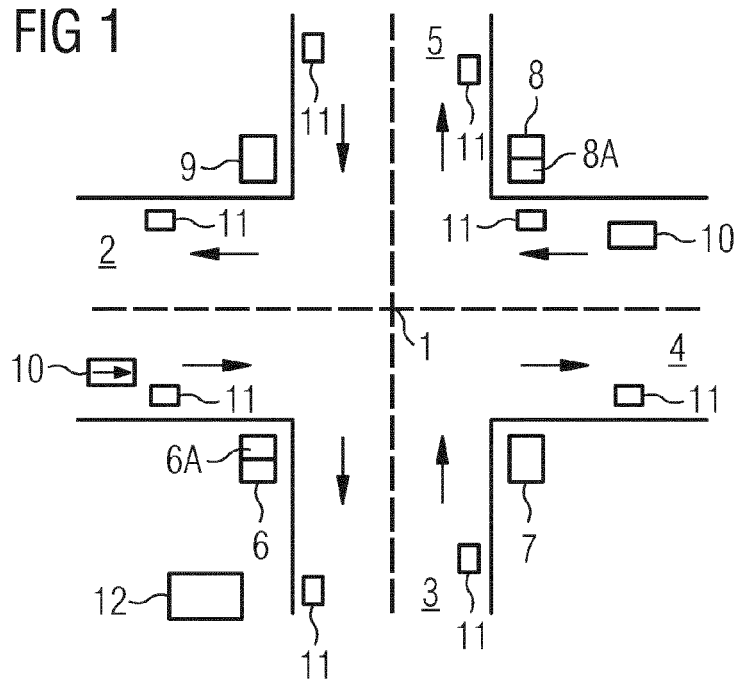


FIG 2

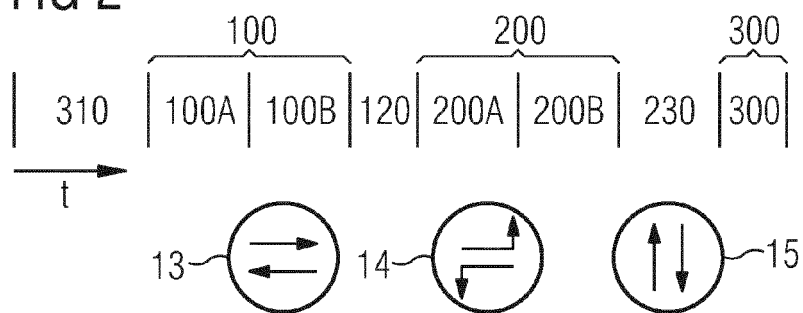


FIG 3

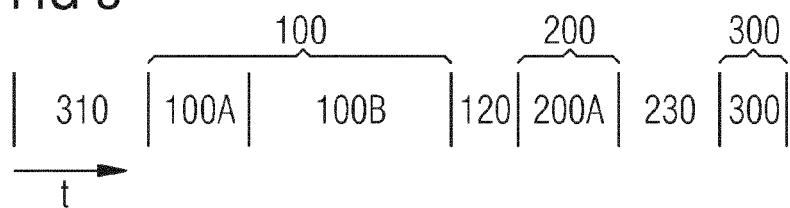


FIG 4

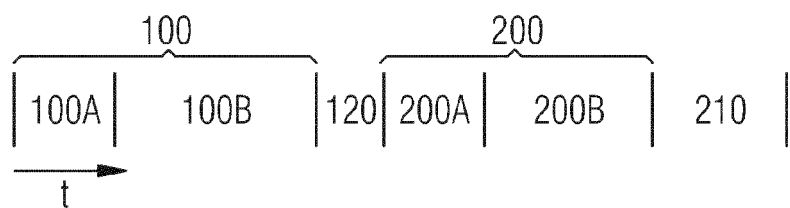


FIG 5

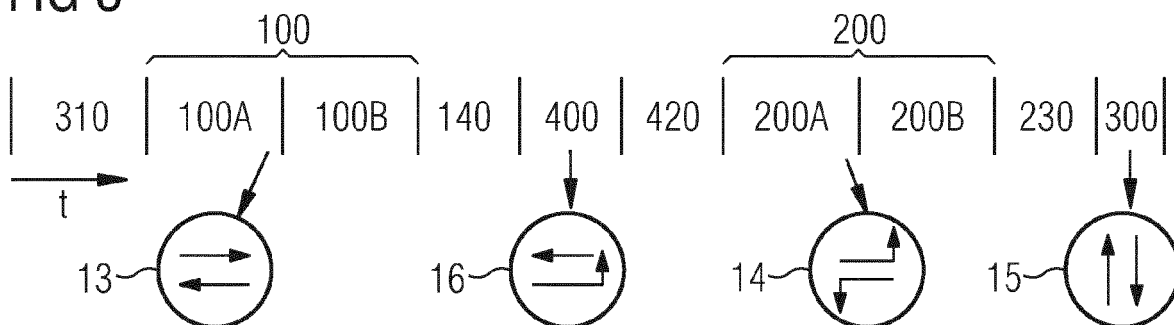


FIG 6

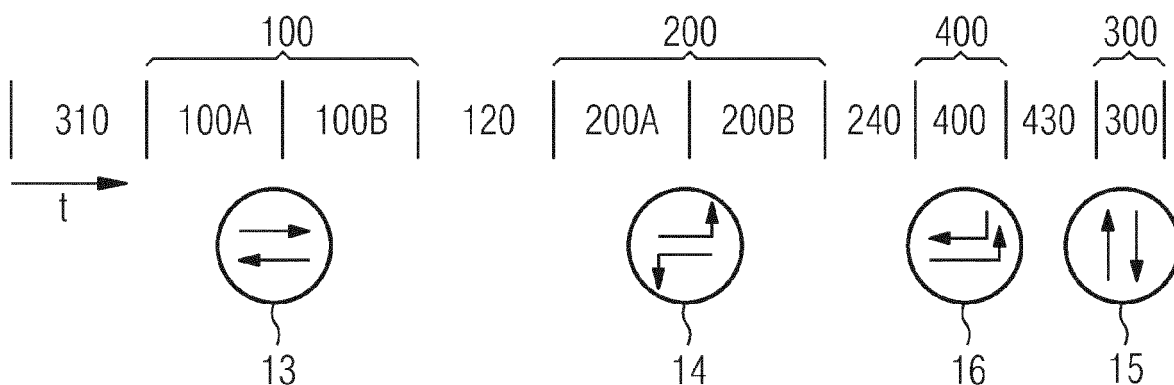


FIG 7

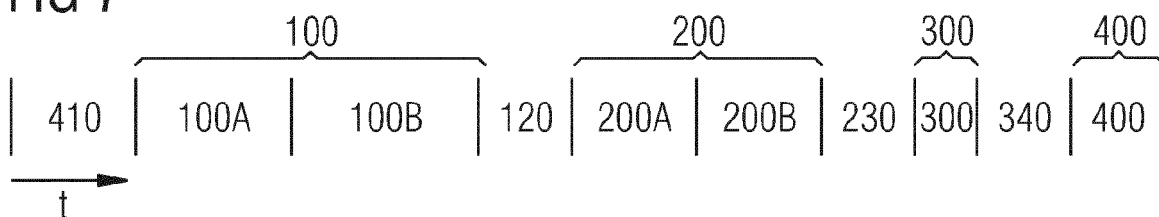


FIG 8

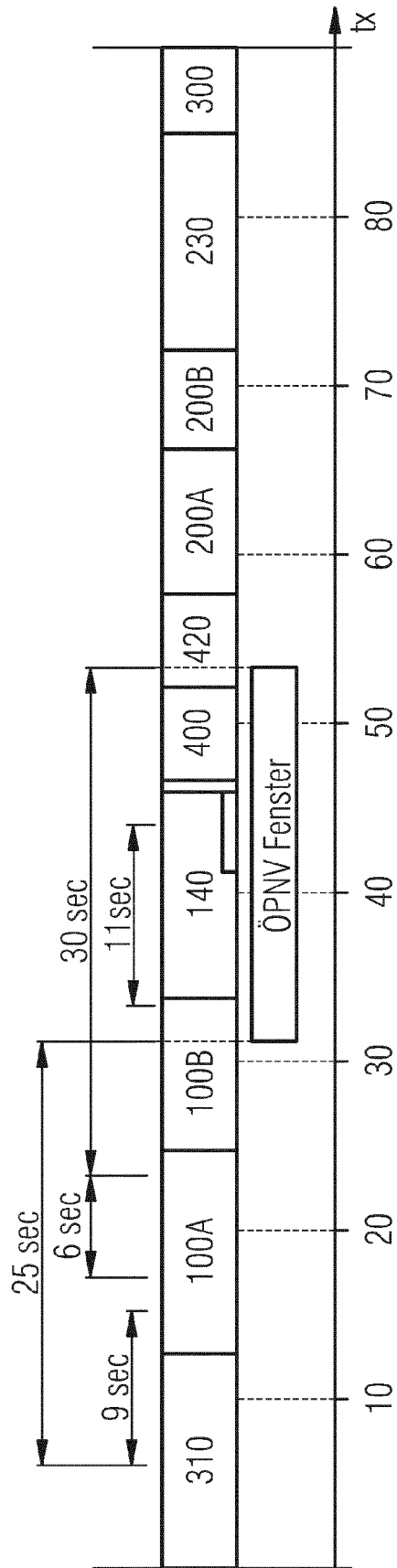


FIG 9

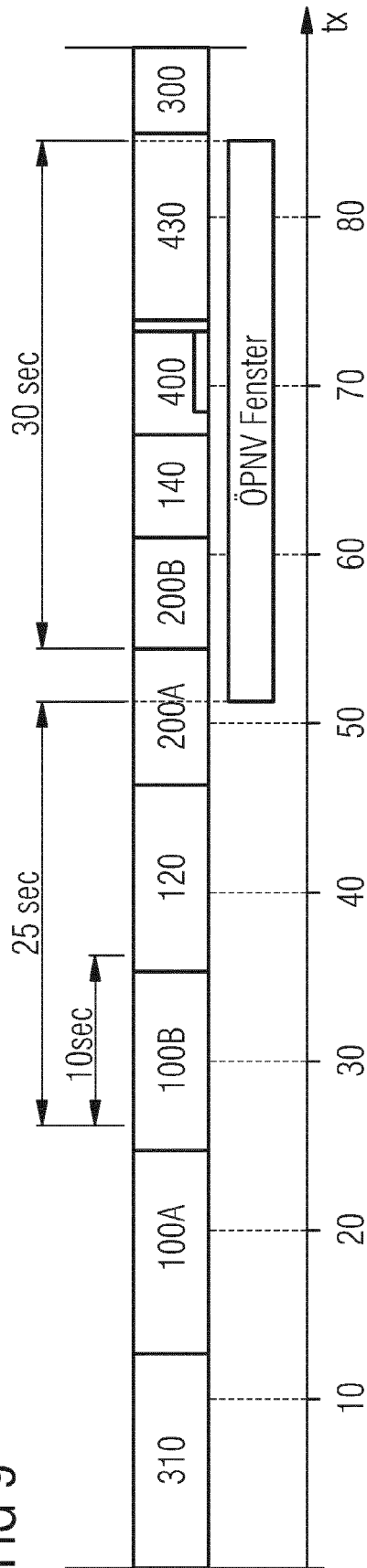


FIG 10

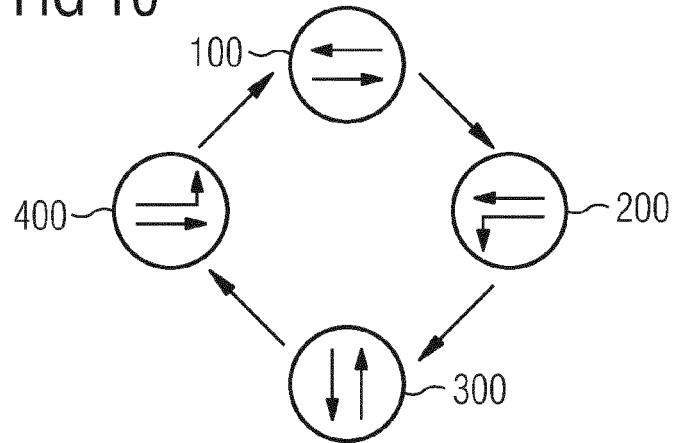


FIG 11

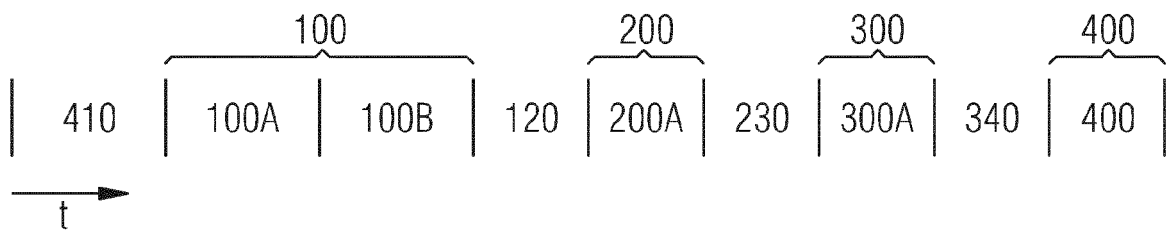


FIG 12

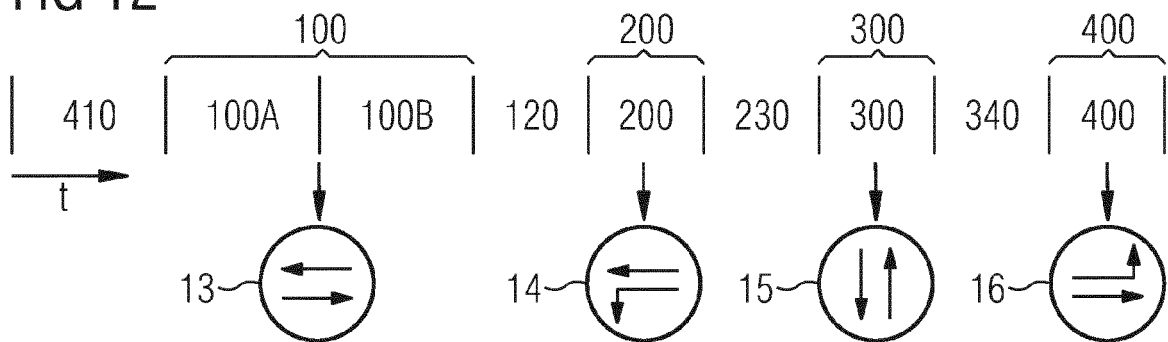


FIG 13

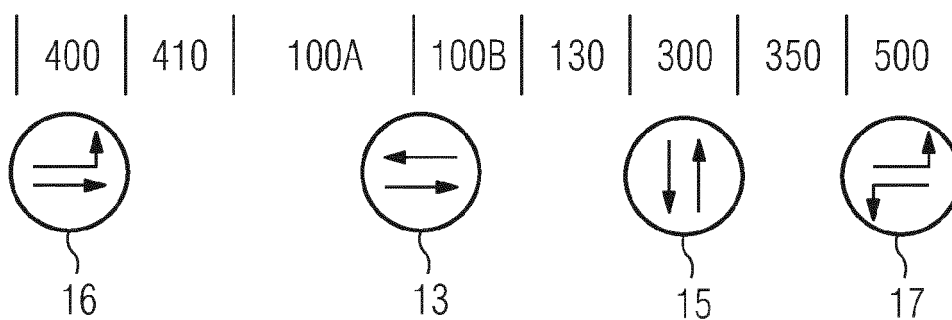


FIG 14

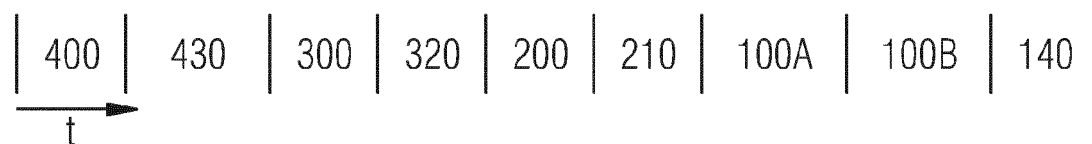


FIG 15

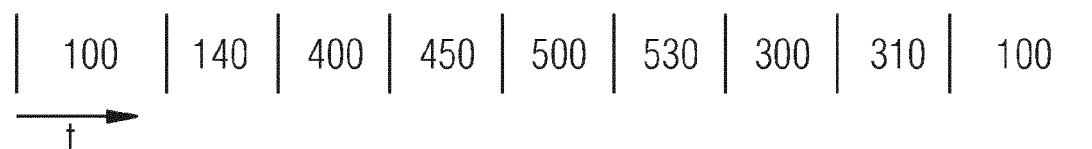
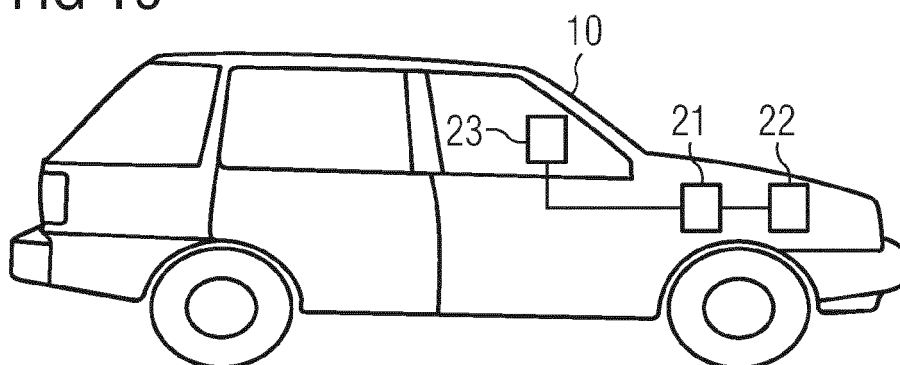


FIG 16



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

- DE 102012110099 B3 [0002]