

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
26. März 2020 (26.03.2020)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2020/058057 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:  
G08G 1/01 (2006.01) G08G 1/16 (2006.01)  
G08G 1/087 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2019/074192

(22) Internationales Anmeldedatum:  
11. September 2019 (11.09.2019)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2018 123 153.9  
20. September 2018 (20.09.2018) DE

(71) Anmelder: SMEV AG SMART MOBILITY EVOLUTION [DE/DE]; Im Technologiepark 1, 15236 Frankfurt (Oder) (DE).

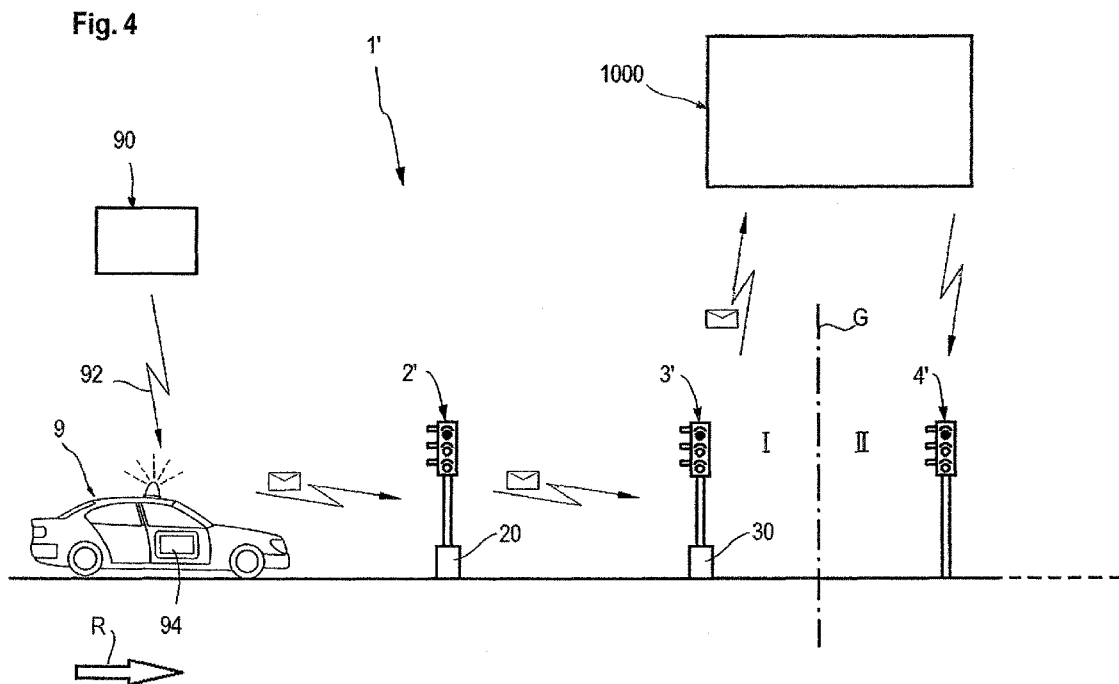
(72) Erfinder: TROSTEL, Ludwig; Einselestr. 11B, 84034 Landshut (DE). ZEPLIN, Wolf, Peter; Brühler Weg 55, 40667 Meerbusch (DE).

(74) Anwalt: SCHLIMME, Wolfram; Haidgraben 2, 85521 Ottobrunn (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR INFLUENCING AUTONOMOUS ALTERNATING LIGHT SIGNALING SYSTEMS

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR BEEINFLUSSUNG VON AUTONOMEN WECHSELLICHTZEICHENANLAGEN



(57) Abstract: The invention relates to a method for influencing a plurality of alternating light signaling systems in a traffic route network, wherein the autonomous alternating light signaling systems placed along the predicted travel route are influenced such that each autonomous alternating light signaling system releases the traffic in the direction of the predicted travel route prior to or during the predicted arrival of the service vehicle. In addition to influencing the autonomous alternating light signaling systems placed along the predicted travel route, a priority support program is activated in other autonomous alternating light signaling systems in the immediate vicinity or in the immediate surroundings of the autonomous alternating light signaling systems placed along the predicted travel route, in response to which the priority control is carried out in the effective region in that not only autonomous alternating light signaling



WO 2020/058057 A1

OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Erklärungen gemäß Regel 4.17:**

- *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)*

**Veröffentlicht:**

- *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

---

systems at intersections or road junctions lying ahead on the predicted travel route are influenced but also other autonomous alternating light signaling systems at intersections or road junctions lying in the vicinity or in the surroundings together with the autonomous alternating light signaling systems that are placed ahead of the utility vehicle and relate to the predicted travel direction on the predicted travel route are switched such that in a travel corridor for the at least one service vehicle, vehicles located on the lane of the predicted travel route can leave the travel corridor and no vehicle can drive into the travel corridor until the at least one service vehicle reaches this location.

(57) **Zusammenfassung:** Bei einem Verfahren zur Beeinflussung einer Mehrzahl von Wechsellichtzeichenanlagen in einem Verkehrs-wegenetz werden die entlang der prognostizierten Fahrtroute gelegenen autonomen Wechsellichtzeichenanlagen derart beeinflusst, dass die jeweilige autonome Wechsellichtzeichenanlage vor oder bei der prognostizierten Ankunft des Einsatzfahrzeugs den Verkehr in Richtung der prognostizierten Fahrtroute freigibt. Zusätzlich zu der Beeinflussung der entlang der prognostizierten Fahrtroute gelegenen autonomen Wechsellichtzeichenanlagen wird in weiteren autonomen Wechsellichtzeichenanlagen in unmittelbarer Nähe oder in der unmittelbaren Umgebung der entlang der prognostizierten Fahrtroute gelegenen autonomen Wechsellichtzeichenanlagen ein Vorrangunterstützungsprogramm aktiviert, woraufhin die Vorrangsteuerung in einem Wirkungsbereich erfolgt, in dem nicht nur autonome Wechsellichtzeichenanlagen an auf der prognostizierten Fahrtroute voraus liegenden Kreuzungen oder Straßeneinmündungen beeinflusst werden, sondern in dem auch weitere autonome Wechsellichtzeichenanlagen an Kreuzungen oder Straßeneinmündungen, die in der Nähe oder in der Umgebung neben der vor dem Einsatzfahrzeug gelegenen, die prognostizierte Fahrtrichtung auf der prognostizierten Fahrtroute betreffenden autonomen Wechsellichtzeichenanlagen gelegen sind, derart geschaltet werden, dass in einem Fahrkorridor für das zumindest eine Einsatzfahrzeug auf der Fahrbahn der prognostizierten Fahrtroute befindliche Fahrzeuge den Fahrkorridor verlassen können und keine Fahrzeuge in den Fahrkorridor hinein fahren können bis das zumindest eine Einsatzfahrzeug diesen Ort erreicht.

## **Verfahren und Vorrichtung zur Beeinflussung von autonomen Wechsellichtzeichenanlagen**

### TECHNISCHES GEBIET

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Beeinflussung einer Mehrzahl von Wechsellichtzeichenanlagen in einem Verkehrswegenetz nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1. Die Erfindung betrifft weiterhin eine Vorrichtung sowie ein Computerprogrammprodukt zur Durchführung dieses Verfahrens.

### HINTERGRUND DER ERFINDUNG

Insbesondere in städtischen Ballungsgebieten nimmt die Verkehrsdichte ständig zu, wobei es nicht nur in Spitzenzeiten häufig zu Verkehrsstaus kommt. Für die Fahrer von Einsatzfahrzeugen mit Wegerecht, beispielsweise Polizeifahrzeugen, Feuerwehrfahrzeugen oder Fahrzeugen des Rettungsdienstes, bedeutet dies nicht nur eine hohe Stressbelastung, sondern es werden außerdem die Anfahrtszeiten für derartige Fahrzeuge mit Wegeberechtigung zu ihren Einsatzorten deutlich verlängert. Hinzu kommt, dass bei hoher Verkehrsbelastung auch das Risiko ansteigt, dass ein Einsatzfahrzeug mit Wegerecht beim Überqueren von Kreuzungen oder Straßeneinmündungen unter Nutzung des Wegerechts mit anderen, ansonsten vorfahrtberechtigten Fahrzeugen kollidiert.

### STAND DER TECHNIK

Es ist daher bereits mehrfach vorgeschlagen worden, Einsatzfahrzeugen mit Wegerecht auf ihrem Weg zum Einsatzort nicht nur das Wegerecht durch Einsatz von Sondersignalen (Blaulicht, Martinshorn) einzuräumen, sondern auch Verkehrs-

Wechsellichtzeichenanlagen (Ampeln) bei Annäherung des Einsatzfahrzeugs auf "freie Fahrt" (grün) zu schalten.

Die DE 28 55 625 A1 zeigt und beschreibt eine Anordnung zur Steuerung von Wechsellichtzeichenanlagen, bei der ein Einsatzfahrzeug, das an einer vor der zu beeinflussenden Wechsellichtzeichenanlage stationierten Funkbake vorbeifährt, von dieser Funkbake aus eine Autorisierungsinformation erhält und dann vom Fahrzeug aus ein Funksignal zur Freischaltung der Wechsellichtzeichenanlage aussendet. Eine derartige Anordnung erfordert jedoch, dass sowohl das Fahrzeug als auch die entsprechenden Wechsellichtzeichenanlagen oder mit diesen zusammenhängende Schalteinrichtungen mit entsprechenden Funksendern und Funkempfängern ausgestattet werden müssen und dass zusätzliche Funkbaken entlang der Fahrstrecke vorgesehen sein müssen, was einen hohen apparativen Aufwand und Kostenaufwand verursacht.

Die DE 195 08 043 C1 zeigt und beschreibt eine Steueranordnung für Verkehrssignale, bei der ein Einsatzfahrzeug mit einer Sendereinheit versehen ist, über die mittels eines im Einsatzfahrzeug vorgesehenen Navigationsempfängers ermittelte Standortkoordinaten des Einsatzfahrzeugs in zeitlicher Abfolge mehrmals an einen Ampelrechner gesandt werden, der die Richtung und die Geschwindigkeit des sich annähernden Einsatzfahrzeugs ermittelt und bei Annäherung des Einsatzfahrzeugs an eine Ampel diese Ampel in Fahrtrichtung auf grün schaltet.

Aus der DE 196 01 024 A1 ist ein System zur Optimierung der Fahrzeiten von Fahrzeugen mit Sonderrechten bekannt, bei welchem die mittels eines Navigationsempfängers im Einsatzfahrzeug ermittelten Positionsdaten über eine Funkverbindung an einen Verkehrsleitreechner gesandt werden, der daraufhin für die Fahrstrecke des Einsatzfahrzeugs eine grüne Welle schaltet. Es wird dort auch vorgeschlagen, die Fahrtrichtung oder die Gegenrichtung des Einsatzfahrzeugs vorzeitig vom Verkehr zu befreien, indem eine rote Welle geschaltet wird, die den Verkehr an je einer Ampel vorstaut, um hinter der Ampel eine freie Fahrbahn zu erhalten.

Die DE 198 42 912 B4 zeigt und beschreibt ein Verfahren zur Fahrwegfreischaltung für Einsatzfahrzeuge mit Sonderbefugnissen, wobei vom Einsatzfahrzeug regelmäßig die mittels eines Navigationsempfängers ermittelten Positionsdaten des Einsatzfahrzeugs telemetrisch an eine Einsatzleitstelle übertragen werden. Im Einsatzfahrzeug werden die aktuell ermittelten Ortskoordinaten des Einsatzfahrzeugs mit den in einem im Einsatzfahrzeug befindlichen Computer gespeicherten Koordinaten von Lichtsignalanlagen des entsprechenden Territoriums verglichen. Alle auf dem Weg zum Einsatzort befindlichen Lichtsignalanlagen werden in diesem Rechner vorselektiert und in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit des Einsatzfahrzeugs werden Voranmeldesignale an in Fahrtrichtung vor dem Einsatzfahrzeug liegende Ampeln gesandt, wodurch diese auf der Fahrstrecke des Einsatzfahrzeugs gelegenen Ampeln in einen Bereitschaftsmodus gebracht werden. Jeweils die unmittelbar vor dem Einsatzfahrzeug gelegene Ampel erhält dann ein Hauptanmeldesignal, welches ein Umschalten der Ampel auf "freie Fahrt" bewirkt. Diese Vorgehensweise ermöglicht zwar, dass auch kurzfristige Fahrtrichtungsänderungen des Einsatzfahrzeugs (z.B. Wahl einer alternativen Route zum Einsatzort), ohne Rechenleistung auf einen Verkehrsleitrechner zu beanspruchen, sofort für die Schaltung einer grünen Welle zur Verfügung stehen. Allerdings ist nachteilig, dass das Einsatzfahrzeug hierzu mit einem Computer von erheblicher Rechenleistung versehen sein muss und zudem eine Datenbank über die in der örtlichen Straßentopologie vorgesehenen Ampeln in stets aktueller Form aufweisen muss.

Die von den Erfindern stammende DE 10 2016 105 558 B3 zeigt und beschreibt ein Verfahren zur Steuerung von Wechsellichtzeichenanlagen, die von einem zentralen Verkehrsleitrechner gesteuert werden. Das Einsatzfahrzeug sendet seine Positions- und Fahrtrichtungsdaten an einen Verkehrsleitrechner, der daraufhin die entlang der prognostizierten Fahrtroute vorausliegenden Wechsellichtzeichenanlagen sowie Wechsellichtzeichenanlagen in deren Nähe lateral zur Fahrtroute derart beeinflusst, dass das Einsatzfahrzeug einen freien Fahrkorridor vorfindet. Dieses über den zentralen Verkehrsleitrechner gesteuerte Verfahren funktioniert allerdings nur bei mit

dem zentralen Verkehrsleitreechner verbundenen Wechsellichtzeichenanlagen. In Gegenden mit dezentral autonom gesteuerten Wechsellichtzeichenanlagen lässt sich die Fahrt von Einsatzfahrzeugen mit diesem Verfahren nicht beschleunigen.

Aus der DE 10 2014 114 535 A1 ist ein gattungsgemäßes Verfahren zur Steuerung von Lichtsignalanlagen an Verkehrsknotenpunkten auf einem Fahrweg eines Einsatzfahrzeugs bekannt, bei dem das Einsatzfahrzeug periodisch ein Anforderungssignal und Fahrzeugnachrichten an auf dem Fahrweg voraus liegende Lichtsignalanlagen sendet. Die Fahrzeugnachrichten umfassen Angaben zur Position und Geschwindigkeit des Einsatzfahrzeug sowie dessen Fahrwegdaten. Die Lichtsignalanlagen sind jeweils mit einer Empfangs- und Sendeeinheit ausgestattet und können so die vom Einsatzfahrzeug ausgesandten Signale empfangen und auch untereinander kommunizieren. Des Weiteren weist jede Lichtsignalanlage eine Berechnungseinheit, in der die empfangenen Signale verarbeitet werden, sowie eine Steuereinrichtung auf, die die Lichtsignalanlage in eine Bevorrechtigungsprogramm für das Einsatzfahrzeug schaltet (grüne Welle). Zudem wird von der Lichtsignalanlage eine Ankündigungsinformation an die nächste auf dem Fahrweg liegende Lichtsignalanlage gesandt, die dann ihrerseits die entsprechenden Berechnungen durchführt und in ein Bevorrechtigungsprogramm für das Einsatzfahrzeug schaltet und die nächste Lichtsignalanlage informiert.

Die Nachteile des Standes der Technik, die sich in Gegenden mit autonom gesteuerten Wechsellichtzeichenanlagen besonders bei hohem Verkehrsaufkommen ergeben, sollen durch die Erfindung überwunden werden.

## BEZEICHNUNGEN UND DEFINITIONEN

Bevor detailliert auf die Erfindung und die in den Figuren dargestellten und weiter unten beschriebenen Ausführungsbeispiele der Erfindung eingegangen wird, sollen einige der in dieser Beschreibung und den Ansprüchen verwendeten Begrifflichkeiten definiert werden. Es bezeichnen hier die nachstehend aufgeführten Begriffe

- **"Verkehrswegenetz"**: eine großflächige (z.B. stadtübergreifende oder stadtteilübergreifende) Topologie von Verkehrswegen (z.B. Straßen, Radwegen, Fußwegen, Schienenverkehrswegen);
- **"Wechsellichtzeichen"**: eine gemeinhin auch als Ampel bezeichnete Einrichtung zur Verkehrsregelung, wobei hier von diesem Begriff nicht nur Lichtsignaleinrichtungen, sondern auch mechanische Zeigereinrichtungen und künftige direkt mit einem Verkehrsteilnehmer (z.B. einem Fahrzeug) kommunizierende Einrichtungen zur Übermittlung eines Verkehrsregelsignals an den Verkehrsteilnehmer umfasst sind;
- **"Wechsellichtzeichenanlagen"**: eine Gruppe von einander zugeordneten und aufeinander abgestimmt agierenden Wechsellichtzeichen an einem Verkehrsknoten (z.B. einer Kreuzung, einer Straßeneinmündung oder einem Fußgänger-/Radfahrerüberweg), wobei hier terminologisch auch Wechsellichtzeichen an Kreuzungen von Straßen und Schienenverkehrswegen eingeschlossen sind;
- **"autonome Wechsellichtzeichenanlagen"**: Wechsellichtzeichenanlagen, die nicht von einem zentralen Verkehrsleitreechner, sondern autonom von einer lokalen Steuereinrichtung gesteuert werden;
- **"zentraler Verkehrsleitreechner"**: eine computerbasierte (regional oder überregional) zentrale Steuerungseinrichtung für Wechsellichtzeichenanlagen und deren Wechsellichtzeichen, die die Wechsellichtzeichen in einer größeren Region (z.B. einem Stadtteil) des Verkehrswegenetzes (regional) oder in mehreren größeren Regionen (überregional) zentral steuert;
- **"lokale Steuerungseinrichtung"**: eine computerbasierte Steuerungseinrichtung, die die Wechsellichtzeichen einer Wechsellichtzeichenanlage (z.B. an einer Kreuzung) steuert;
- **"prognostizierte Fahrtroute"**: eine beispielsweise von einem Navigationscomputer ermittelte Fahrtroute, auf der das Einsatzfahrzeug voraussichtlich zum Fahrtziel fahren wird;
- **"prognostizierte Fahrtrichtung"**: die Richtung, in der das Einsatzfahrzeug voraussichtlich entlang der prognostizierten Fahrtroute fahren wird (verläuft

- z.B. die prognostizierte Fahrtroute an einer Kreuzung nach rechts, so wechselt an dieser Stelle die prognostizierte Fahrtrichtung nach rechts);
- **"Fahrkorridor"**: die Fahrspur oder Fahrspuren einer Straße, die das Einsatzfahrzeug benutzen muss, um auf der prognostizierten Fahrtroute in der prognostizierten Fahrtrichtung entlang zu fahren (wechselt z.B. an einer Kreuzung die prognostizierte Fahrtrichtung nach rechts, so wird an dieser Kreuzung die Rechtsabbiegespur Teil des Fahrkorridors);
  - **"Wechsellichtzeichenanlagen-Begegnungsplan"**: eine zeit- und/oder wegabhängig geordnete Auflistung jener Wechsellichtzeichenanlagen, die das Einsatzfahrzeug entlang seiner prognostizierten Fahrtroute nacheinander erreichen wird;
  - **"Wechsellichtzeichenanlagen-Umgebungsplan"**: eine Auflistung von Wechsellichtzeichen und/oder Wechsellichtzeichenanlagen, die in der Umgebung einer jeweiligen Wechsellichtzeichenanlage auf der prognostizierten Fahrtroute gelegen sind, sowie entsprechende Topologieinformation dieser Umgebung;
  - **"Vorrangprogramm"**: ein Steuerungsprogramm für die Wechsellichtzeichen einer Wechsellichtzeichenanlage, das auf einer lokalen Steuerungseinheit der Wechsellichtzeichenanlage abläuft und das die jeweilige örtliche Verkehrslenkung derart beeinflusst, dass ein sich annäherndes Einsatzfahrzeug sowohl ein "Freie Fahrt"-Signal (grüne Ampel) als auch einen freien Fahrkorridor vorfindet;
  - **"Vorrangsteuerung"**: eine Beeinflussung von Wechsellichtzeichenanlagen, die ein aktuell aktives Steuerungsprogramm für die Wechsellichtzeichen einer Wechsellichtzeichenanlage temporär durch ein Vorrangprogramm als vorrangiges Steuerungsprogramm ersetzt;
  - **"Vorranganforderungsbotschaft"**: ein Information enthaltendes Signal, das eine Vorrangsteuerung für eine Wechsellichtzeichenanlage auslöst;
  - **"Vorrangunterstützungsprogramm"**: ein Steuerungsprogramm für die Wechsellichtzeichen einer benachbarten Wechsellichtzeichenanlage in der Umgebung einer in einer Vorrangsteuerung befindlichen Wechsellichtzeichenanlage, das auf einer lokalen Steuerungseinheit der

- benachbarten Wechsellichtzeichenanlage abläuft und das die Verkehrslenkung in der Umgebung der in der Vorrangsteuerung befindlichen Wechsellichtzeichenanlage derart beeinflusst, dass der Verkehr beschleunigt aus dem Fahrkorridor für das Einsatzfahrzeug abfließen und nicht mehr in den Fahrkorridor hineinfließen kann;
- **"Vorrangunterstützungssteuerung"**: eine Beeinflussung von benachbarten Wechsellichtzeichenanlagen, die ein aktuell aktives Steuerungsprogramm für die Wechsellichtzeichen einer Wechsellichtzeichenanlage temporär durch ein Vorrangunterstützungsprogramm als vorrangiges Steuerungsprogramm ersetzt;
  - **"Vorrangunterstützungsbotschaft"**: ein Information enthaltendes Signal, das eine Vorrangunterstützungssteuerung für eine benachbarte Wechsellichtzeichenanlage auslöst;
  - **"Wirkungsbereich"**: das Umfeld ("Umgebung") einer in einer Vorrangsteuerung befindlichen Wechsellichtzeichenanlage, in dem weitere, nicht unmittelbar die prognostizierte Fahrtrichtung auf der prognostizierten Fahrtroute betreffende benachbarte Wechsellichtzeichenanlagen in ein Vorrangunterstützungsprogramm geschaltet werden;
  - **"Umgebung" einer Fahrtroute**: das Umfeld links und rechts von einer prognostizierten Fahrtroute;
  - **"Umgebung" einer Wechsellichtzeichenanlage**: das Umfeld links und rechts der prognostizierten Fahrtroute am Ort einer auf der prognostizierten Fahrtroute des Einsatzfahrzeugs voraus in einer prognostizierten Fahrtrichtung liegenden Wechsellichtzeichenanlage um diese Wechsellichtzeichenanlage herum.

Die seitliche Erstreckung der "Umgebung" weg von der prognostizierten Fahrtroute und damit die Größe des "Wirkungsbereichs" ist abhängig von der Topologie entlang der Fahrtroute und insbesondere am Ort der jeweiligen Wechsellichtzeichenanlage. Die Größe des "Wirkungsbereichs" kann auch abhängig sein vom aktuellen Verkehrsaufkommen; sie ist vorteilhafterweise nicht statisch, sondern bedarfsgesteuert definiert.

## DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren zur Beschleunigung von Einsatzfahrzeugen in Gegenden mit autonomen, nicht mit einem zentralen Verkehrsleitreechner verbundenen Wechsellichtzeichenanlagen entlang einer prognostizierten Fahrtroute zumindest eines Einsatzfahrzeugs mit Wegerecht zum Zweck einer Vorrangsteuerung für das zumindest eine Einsatzfahrzeug anzugeben. Ein weiteres Ziel der vorliegenden Erfindung ist es, ein solches Verfahren anzugeben, bei welchem die Gewährleistung der freien Fahrt für das Einsatzfahrzeug weiter verbessert ist, um noch kürzere Anfahrtszeiten zum Einsatzort zu ermöglichen. Schließlich ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Vorrichtung zur Durchführung eines solchen Verfahrens anzugeben und ein Computerprogrammprodukt zur Durchführung eines solchen Verfahrens zu schaffen.

Der auf das Verfahren gerichtete Teil der Aufgabe wird gelöst durch das Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1.

Bei einem Verfahren zur Beeinflussung einer Mehrzahl von Wechsellichtzeichenanlagen in einem Verkehrswegenetz, in dem zumindest ein Teil der Wechsellichtzeichenanlagen autonome Wechsellichtzeichenanlagen sind, die nicht von einem zentralen Verkehrsleitreechner, sondern von lokalen Steuereinheiten gesteuert werden, zum Zweck einer Vorrangsteuerung für zumindest ein Einsatzfahrzeug mit Wegerecht, wobei die Beeinflussung zumindest der autonomen Wechsellichtzeichenanlagen auf der Basis von aktuellen Positionsdaten und eines Fahrtrichtungsvektors des Einsatzfahrzeugs erfolgt, um dessen Fahrt auf einer prognostizierten Fahrtroute zu beschleunigen, mit den Schritten:

- a) Bereitstellen von Positionsdaten eines Fahrtziels für das zumindest eine Einsatzfahrzeug;
- b) Bereitstellen der aktuellen Positionsdaten und der Daten des aktuellen Fahrtrichtungsvektors des zumindest einen Einsatzfahrzeugs;

- c) Bereitstellen von Topologieinformation über das Verkehrswegenetz;
- d) Bereitstellen von Information über im Verkehrswegenetz vorhandene autonome Wechsellichtzeichenanlagen;
- e) Prognostizieren einer Fahrtroute für das zumindest eine Einsatzfahrzeug von dessen aktueller Position zur Position des Fahrtziels unter Berücksichtigung der durch den Fahrtrichtungsvektor repräsentierten, vom Fahrer des Einsatzfahrzeugs gewählten Fahrtrichtung;
- f) Beeinflussen der eine prognostizierte Fahrtrichtung auf der prognostizierten Fahrtroute betreffenden autonomen Wechsellichtzeichenanlagen derart, dass die jeweilige Wechsellichtzeichenanlage vor oder bei der prognostizierten Ankunft des zumindest einen Einsatzfahrzeugs den Verkehr in Richtung der prognostizierten Fahrtroute freigibt,

zeichnet sich dadurch aus, dass zusätzlich zu der Beeinflussung der entlang der prognostizierten Fahrtroute gelegenen autonomen Wechsellichtzeichenanlagen in weiteren autonomen Wechsellichtzeichenanlagen in unmittelbarer Nähe oder in der unmittelbaren Umgebung der entlang der prognostizierten Fahrtroute gelegenen autonomen Wechsellichtzeichenanlagen ein Vorrangunterstützungsprogramm aktiviert wird, woraufhin die Vorrangsteuerung in einem Wirkungsbereich erfolgt, in dem nicht nur autonome Wechsellichtzeichenanlagen an auf der prognostizierten Fahrtroute voraus liegenden Kreuzungen oder Straßeneinmündungen gemäß Schritt f) beeinflusst werden, sondern auch weitere autonome Wechsellichtzeichenanlagen an Kreuzungen oder Straßeneinmündungen, die in der Nähe oder in der Umgebung neben der vor dem Einsatzfahrzeug gelegenen, die prognostizierte Fahrtrichtung auf der prognostizierten Fahrtroute betreffenden autonomen Wechsellichtzeichenanlagen gelegen sind, derart geschaltet werden, dass in einem Fahrkorridor für das zumindest eine Einsatzfahrzeug auf der Fahrbahn der prognostizierten Fahrtroute befindliche Fahrzeuge den Fahrkorridor verlassen können und keine Fahrzeuge in den Fahrkorridor hinein fahren können bis das zumindest eine Einsatzfahrzeug diesen Ort erreicht.

## VORTEILE

Das erfindungsgemäße Verfahren bewirkt eine großflächige Beeinflussung von autonom gesteuerten Wechsellichtzeichen und schafft die Voraussetzung dafür, dass ein sich einer autonomen Wechsellichtzeichenanlage näherndes Einsatzfahrzeug mit Wegerecht nicht nur die auf seiner Fahrtroute jeweils unmittelbar vorausliegende autonome Wechsellichtzeichenanlage beeinflussen kann, wie dies aus dem Stand der Technik bekannt ist, sondern dass auch nicht unmittelbar voraus liegende, auf der Fahrtroute noch weiter entfernt liegende autonome Wechsellichtzeichenanlagen, bereits frühzeitig beeinflusst werden können. Dadurch ist es möglich, auch bei dichtem Verkehr oder sogar Stau, in einem nicht von einem zentralen Verkehrsleitreechner gesteuerten Verkehrswegenetz oder Teil eines Verkehrswegenetzes den Fahrkorridor, den das Einsatzfahrzeug auf seiner Fahrtroute benötigt, freizuräumen, so dass das Einsatzfahrzeug nahezu stets einen freien Fahrkorridor vorfindet und seine Geschwindigkeit nicht reduzieren muss. Daraus ergeben sich schnellere und zeitlich kürzere Einsatzfahrten zum Einsatzort. Es werden somit auch autonome Wechsellichtzeichenanlagen in der Umgebung der auf der prognostizierten Fahrtrichtung gelegenen Wechsellichtzeichenanlagen mit in die kollektive Steuerung einbezogen, die nicht (wie bei der DE 10 2016 105 558 B3) von einem zentralen Verkehrsleitreechner gesteuert werden.

Diese Beeinflussung der nicht unmittelbar die vorgesehene Fahrtrichtung des Einsatzfahrzeugs betreffenden autonomen Wechsellichtzeichenanlagen in einem voraus liegenden Streckenabschnitt der Fahrtroute und in dessen Nachbarschaft in der erfindungsgemäßen Weise bewirkt, dass sich der Fahrkorridor in Fahrtrichtung vor dem Einsatzfahrzeug rechtzeitig leert. Gleichzeitig wird verhindert, dass Fahrzeuge in den Fahrkorridor für das zumindest eine Einsatzfahrzeug hineinfahren und diesen möglicherweise blockieren können.

Bildlich gesprochen erhält dadurch das zumindest eine Einsatzfahrzeug auf seiner prognostizierten Fahrtroute durch ein Gebiet mit autonomen Wechsellichtzeichenanlagen nicht nur formal eine grüne Welle, sondern es erhält

durch die erfindungsgemäße Vorrangsteuerung auch im Wesentlichen einen freien Fahrkorridor, indem es einen Wirkungsbereich dieser Vorrangsteuerung entlang der prognostizierten Fahrtroute und gegebenenfalls links und rechts davon vor sich herschiebt, in welchem zusätzlich zur grünen Welle für das zumindest eine Einsatzfahrzeug durch entsprechende Schaltung der Wechsellichtzeichenanlagen ein Abfließen des Verkehrs aus dem Fahrkorridor entlang der prognostizierten Fahrtroute weg bewirkt wird. Dieser Wirkungsbereich vor dem Einsatzfahrzeug bildet eine "Wolke" von beeinflussten Wechsellichtzeichenanlagen und kann daher auch als "grüne Wolke" bezeichnet werden.

Dadurch, dass die Beeinflussung der voraus liegenden autonomen Wechsellichtzeichenanlagen nicht nur unter der Berücksichtigung der aktuellen Positionsdaten des zumindest einen Einsatzfahrzeugs, sondern auch unter der Berücksichtigung von dessen Fahrtrichtungsvektor erfolgt, ist der Fahrer des Einsatzfahrzeugs nicht an eine von außen fest vorgegebene Fahrtroute gebunden, sondern er kann in Abhängigkeit von der jeweiligen Situation und dem Verkehrsgeschehen vor Ort selbständig seine Fahrtroute wählen. Der Wechsellichtzeichen-Begegnungsplan wird bei einer als für die Ermittlung der prognostizierten Fahrtroute relevant erkannten Fahrtrichtungsänderung des Einsatzfahrzeugs neu erstellt und zusammen mit einer Vorranganforderungsbotschaft an die dann vorausliegenden Wechsellichtzeichenanlagen übermittelt. Die vor der Fahrtrichtungsänderung in den Vorrangbetrieb geschalteten Wechsellichtzeichenanlagen, die nicht mehr auf der neuen Fahrtroute liegen, werden wieder in ihren Normalbetrieb-Modus zurückgeschaltet.

Die erfindungsgemäße Vorrangsteuerung ist im Übrigen nicht auf Wechsellichtzeichenanlagen für den Verkehr auf einem Straßennetz beschränkt, sondern kann jegliche Art von Wechsellichtzeichenanlagen in einem Verkehrswegenetz umfassen, beispielsweise auch Signale eines Schienenwegenetzes und/oder Schranken und Lichtzeichenanlagen an schienengleichen Bahnübergängen. So können beispielsweise auch Signale für

Schienenfahrzeuge auf HALT geschaltet werden, um dem zumindest einen Einsatzfahrzeug das gefahrlose Überqueren eines schienengleichen Bahnübergangs oder einer Straßenbahnkreuzung zu ermöglichen.

Von besonderem Vorteil beim erfinderischen Verfahren ist also die Tatsache, dass es zur Steuerung der Wechsellichtzeichenanlagen entlang der prognostizierten Fahrtroute keines zentralen Verkehrsleitrechners bedarf, und das Verfahren daher bei autonomen Wechsellichtzeichenanlagen eingesetzt werden kann. Dies ist möglich, weil erfindungsgemäß die autonomen Wechsellichtzeichenanlagen nicht nur Daten empfangen können, wie dies aus dem Stand der Technik bekannt ist, sondern auch in der Lage sind, Daten weiter zu übermitteln. Das erfindungsgemäße Verfahren eignet sich daher besonders für Verkehrswegenetze oder Teile davon, die keinen zentralen Verkehrsleitrechner aufweisen.

Weitere bevorzugte und vorteilhafte Ausgestaltungsmerkmale des erfindungsgemäßen Verfahrens sind Gegenstand der Unteransprüche 2 bis 13.

Vorzugsweise erfolgt die Beeinflussung der die prognostizierte Fahrtrichtung auf der prognostizierten Fahrtroute betreffenden autonomen Wechsellichtzeichenanlagen mit den folgenden Schritten:

- g) Ermitteln der entlang der prognostizierten Fahrtroute gelegenen autonomen Wechsellichtzeichenanlagen und Erstellen eines Wechsellichtzeichenanlagen-Begegnungsplans für das Einsatzfahrzeug entlang der prognostizierten Fahrtroute;
- h) Übermitteln des Wechsellichtzeichenanlagen-Begegnungsplans sowie einer Vorranganforderungsbotschaft vom Einsatzfahrzeug oder einer externen Übermittlungseinheit aus an eine auf der prognostizierten Fahrtroute des Einsatzfahrzeugs vorausgelegene nächste autonome Wechsellichtzeichenanlage oder an eine dieser zugeordnete lokale Steuereinheit;
- i) Aktivieren eines Vorrangprogramms für die Schaltung der nächsten vorausgelegenen autonomen Wechsellichtzeichenanlage auf den Empfang

- der Vorranganforderungsbotschaft hin durch eine dieser nächsten vorausgelegenen autonomen Wechsellichtzeichenanlage zugeordnete lokale Steuereinheit;
- j) Übermitteln des Wechsellichtzeichenanlagen-Begegnungsplans und der Vorranganforderungsbotschaft von der nächsten vorausgelegenen autonomen Wechsellichtzeichenanlage oder von der dieser zugeordneten lokalen Steuereinheit an die entlang der prognostizierten Fahrtroute folgende autonome Wechsellichtzeichenanlage oder an die dieser zugeordnete lokale Steuereinheit und
- k) Wiederholen der Schritte i) und j) mit der jeweils darauffolgenden autonomen Wechsellichtzeichenanlage.

Hier besteht die besonders vorteilhafte Lösung in der Erstellung und der eimerkettenartigen Übermittlung des Wechsellichtzeichenanlagen-Begegnungsplans, in den sowohl die aktuell prognostizierte Fahrtroute des Einsatzfahrzeugs als auch die Topologie des Verkehrswegenetzes mit dessen Wechsellichtzeichenanlagen einfließt, zwischen den relevanten autonomen Wechsellichtzeichenanlagen bis hin zum zentralen Verkehrsleitreechner. Es können somit entsprechende Botschaften auf der Grundlage des Wechsellichtzeichenanlagen-Begegnungsplans entlang einer prognostizierten Fahrtroute von einer autonomen Wechsellichtzeichenanlage an die nächste autonome Wechsellichtzeichenanlage nach Art einer Eimerkette weiterübermittelt werden.

Vorteilhafter Weise werden zunächst im Schritt g) zusätzlich zu den entlang der prognostizierten Fahrtroute gelegenen autonomen Wechsellichtzeichenanlagen weitere autonome Wechsellichtzeichenanlagen in unmittelbarer Nähe oder in der unmittelbaren Umgebung der entlang der prognostizierten Fahrtroute gelegenen autonomen Wechsellichtzeichenanlagen ermittelt und es werden im Schritt g) zusätzlich zum Wechsellichtzeichenanlagen-Begegnungsplan Wechsellichtzeichenanlagen-Umgebungspläne für die weiteren autonomen Wechsellichtzeichenanlagen in der Umgebung der prognostizierten Fahrtroute erstellt, die jeweils einer entlang der prognostizierten Fahrtroute gelegenen

autonomen Wechsellichtzeichenanlage zugeordnet sind. In den Schritten h) und j) wird dann zusätzlich eine Vorrangunterstützungsbotschaft an die weiteren autonomen Wechsellichtzeichenanlagen entsprechend des jeweils zutreffenden Wechsellichtzeichenanlagen-Umgebungsplans übermittelt und im Schritt i) wird zusätzlich für die Schaltung der weiteren autonomen Wechsellichtzeichenanlagen das Vorrangunterstützungsprogramm aktiviert.

Durch diese Weiterbildung der Erfindung wird auch in Gebieten mit nicht von einem zentralen Verkehrsleitreechner gesteuerten autonomen Wechsellichtzeichenanlagen nicht nur eine lineare grüne Welle entlang der vorgesehenen Fahrtroute des Einsatzfahrzeugs geschaffen, sondern es werden aufgrund der für die autonomen Wechsellichtzeichenanlagen vorgesehenen Datenübermittlungsfunktion und der zusätzlichen Erstellung des jeweiligen Wechsellichtzeichenanlagen-Umgebungsplans auch Wechsellichtzeichenanlagen in der Nähe der vorgesehenen oder prognostizierten Fahrtroute des zumindest einen Einsatzfahrzeugs ebenfalls beeinflusst.

Von Vorteil ist es, wenn die Aktivierung des Vorrangprogramms im Schritt i) unter Berücksichtigung eines voraussichtlichen Ankunftszeitpunktes des Einsatzfahrzeugs an der nächsten vorausgelegenen autonomen Wechsellichtzeichenanlage erfolgt. Dadurch ist es möglich, die Freiräumung der Fahrkorridore im Bereich von weiter voraus liegenden Wechsellichtzeichenanlagen auf die Ankunftszeit des Einsatzfahrzeugs am jeweiligen Ort zu optimieren und den restlichen Verkehrsfluss nur minimal zu beeinträchtigen.

Vorzugsweise wird das Vorrangprogramm wieder deaktiviert, nachdem das Einsatzfahrzeug die vom Vorrangprogramm gesteuerte Wechsellichtzeichenanlage passiert hat. Diese vom Einsatzfahrzeug aktiv ausgelöste Deaktivierung besitzt gegenüber einer pauschal zeitgesteuerten Deaktivierung den Vorteil des unmittelbaren Praxisbezugs, wodurch ebenfalls die Beeinträchtigung der restlichen Verkehrsteilnehmer reduziert wird.

Wenn im Schritt k) auch die Schritte g) und h) wiederholt werden, wobei im Schritt h) ein aktualisierter Wechsellichtzeichenanlagen-Begegnungsplan sowie eine aktualisierte Vorranganforderungsbotschaft übermittelt werden, ergibt sich der Vorteil, dass die Wechsellichtzeichenanlagen stets aktuelle Daten für die prognostizierte Fahrtroute erhalten. Eine solche rekursive Durchführung des Verfahrens ermöglicht eine dynamische und an die aktuelle Fahrtroute und Fahrgeschwindigkeit des zumindest einen Einsatzfahrzeugs angepasste Vorrangschaltung. Wenn das Einsatzfahrzeug beispielsweise aufgrund einer Entscheidung des Fahrers die ursprünglich prognostizierte Fahrtroute verlässt und die Navigationssoftware daraufhin eine neue Fahrtroute berechnet, wird diese aktuelle Information an die nächste Wechsellichtzeichenanlage übermittelt, die diese Information dann an die folgenden Wechsellichtzeichenanlagen gemäß der neu berechneten prognostizierten Fahrtroute weiter übermittelt, wodurch ein neuer Fahrkorridor freigeräumt wird. Gleichzeitig werden die Wechsellichtzeichenanlagen entlang der vorher prognostizierten Fahrtroute wieder in ihren Normalbetriebmodus zurückgesetzt.

In komplexen Verkehrswegenetzen, die teilweise mit autonomen Wechsellichtzeichenanlagen (zum Beispiel am Stadtrand) und mit von einem zentralen Verkehrsleitern gesteuerten Wechsellichtzeichenanlagen (zum Beispiel im Stadtzentrum) versehen sind, ist es von Vorteil, wenn bei einem auf der Grundlage der Topologieinformation über das Verkehrswegenetz und der prognostizierten Fahrtroute festgestellten bevorstehenden Austreten des Einsatzfahrzeugs aus einem Bereich des Verkehrswegenetzes mit nicht von einem zentralen Verkehrsleitern gesteuerten, autonomen Wechsellichtzeichenanlagen und einem daraufhin bevorstehenden Eintreten des Einsatzfahrzeugs in einen Bereich des Verkehrswegenetzes mit von einem zentralen Verkehrsleitern gesteuerten Wechsellichtzeichenanlagen die Positionsdaten des Fahrtziels, die aktuellen Positionsdaten und die Daten des aktuellen Fahrtrichtungsvektors des zumindest einen Einsatzfahrzeugs an den Verkehrsleitern übermittelt werden und wenn daraufhin die Vorrangsteuerung der entlang der prognostizierten Fahrtroute folgenden (zentral gesteuerten) Wechsellichtzeichenanlagen vom

zentralen Verkehrsleitreechner durchgeführt wird. Diese Variante schafft für das Einsatzfahrzeug einen unterbrechungsfreien Übergang zwischen den beiden Bereichen des Verkehrswegenetzes mit unterschiedlicher Steuerung der Wechsellichtzeichenanlagen, ohne dass bei diesem Übergang die Freiräumung des Fahrkorridors unterbrochen ist.

Von Vorteil ist dabei, wenn die Schaltung der Wechsellichtzeichenanlagen in der prognostizierten Fahrtrichtung auf der prognostizierten Fahrtroute derart erfolgt, dass Fahrzeuge des Gegenverkehrs und/oder des Querverkehrs oder im Fahrkorridor befindliche abbiegewillige Fahrzeuge den Fahrkorridor verlassen können, bevor das zumindest eine Einsatzfahrzeug diesen Ort erreicht hat. Dadurch wird der Fahrkorridor rechtzeitig von Ankunft des Einsatzfahrzeugs freigeräumt.

Weiter vorteilhaft ist es, wenn alternativ oder zusätzlich die Schaltung der autonomen Wechsellichtzeichenanlagen in der prognostizierten Fahrtrichtung auf der prognostizierten Fahrtroute derart erfolgt, dass Fahrzeuge des Querverkehrs oder des Abbiegeverkehrs nicht in den Fahrkorridor hinein fahren können, bis das zumindest eine Einsatzfahrzeug diesen Ort passiert hat. Auf diese Weise wird verhindert, dass Fahrzeuge in den Fahrkorridor hinein fahren.

Die Flächenausdehnung des Wirkungsbereichs ist vorzugsweise nicht statisch, sondern an die Straßentopologie entlang der prognostizierten Fahrtroute und/oder an das aktuelle Verkehrsaufkommen angepasst. In seiner kleinsten Ausdehnung kann der Wirkungsbereich beispielsweise nur die Ampeln an einer zu überquerenden Straßenkreuzung, also nur die Wechsellichtzeichen der in Fahrtrichtung voraus liegenden autonomen Wechsellichtzeichenanlage, umfassen. Bei Kreuzungen von mehrspurigen Straßen mit mehreren Abbiegespuren und einer entsprechend komplexen Ampelschaltung kann der Wirkungsbereich größer gewählt werden, um alle autonomen oder miteinander kommunizierenden Wechsellichtzeichenanlagen im Großbereich der Kreuzung zu umfassen. Der Wirkungsbereich kann aber beispielsweise auch auf autonome Wechsellichtzeichenanlagen in Nebenstraßen und/oder an lateral benachbarten Kreuzungen ausgedehnt werden, wenn dies

aufgrund der Verkehrsführung oder des Verkehrsflusses geboten ist. Eine solche bezüglich ihres flächigen Wirkungsbereichs anpassbare Vorrangsteuerung kann als "dynamische grüne Wolke" bezeichnet werden.

In einer vorteilhaften Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens, die mit anderen Ausführungsformen der Erfindung kombinierbar ist, erfolgt die Freigabe des Verkehrs in Richtung der prognostizierten Fahrtroute in Abhängigkeit von der Verkehrsdichte auf der prognostizierten Fahrtroute so rechtzeitig vor der prognostizierten Ankunft des zumindest einen Einsatzfahrzeugs an der jeweiligen die prognostizierte Fahrtrichtung auf der prognostizierte Fahrtroute betreffenden autonomen Wechsellichtzeichenanlage, dass sich im Fahrkorridor stehende Fahrzeuge in Bewegung setzen können und sich somit stehender Verkehr bei der Ankunft des zumindest einen Einsatzfahrzeugs in fließenden Verkehr gewandelt hat. Diese Weiterbildung des Verfahrens ermöglicht es, dass sich vorhandene Staus zumindest so weit auflösen, dass sich die ehemals im Stau stehenden Fahrzeuge in Bewegung setzen und aus dieser Bewegung heraus schnell eine Rettungsgasse für das zumindest eine Einsatzfahrzeug bilden können.

Von Vorteil ist es auch, wenn die Wechsellichtzeichen einer autonomen Wechsellichtzeichenanlagen entlang der prognostizierten Fahrtroute derart geschaltet werden, dass an einer Straßeneinmündung, an der die prognostizierte Fahrtrichtung der prognostizierten Fahrtroute des zumindest einen Einsatzfahrzeugs in eine einmündende Straße abknickt, Lichtzeichen für zu Fuß Gehende oder für Rad Fahrende zum Beispiel durch Anzeige von Rotlicht auf HALT geschaltet werden, so dass der Fußgängerverkehr und/oder der Fahrradverkehr über die einmündende Straße angehalten wird. Dies ermöglicht es dem zumindest einen Einsatzfahrzeug schnell abzubiegen, ohne wegen des Fußgänger- oder Radfahrerverkehrs anhalten zu müssen. Dadurch wird außerdem die Gefahr von Abbiegeunfällen mit dem Einsatzfahrzeug reduziert.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn das Bereitstellen der aktuellen Positionsdaten und der Daten des aktuellen Fahrtrichtungsvektors des zumindest einen

Einsatzfahrzeugs im Schritt b) auf einem Einsatzcomputer im Einsatzfahrzeug, vorzugsweise einem mobilen Endgerät, erfolgt, den beispielsweise eine berechnete Person als Insasse des zumindest einen Einsatzfahrzeugs mit sich führt, und wenn diese Daten zusammen mit Authentifizierungsdaten des Einsatzfahrzeugs oder dieser berechtigten Person Teil der Vorranganforderungsbotschaft sowie gegebenenfalls der Vorrangunterstützungsbotschaft sind. Ein solcher Einsatzcomputer kann auf einfache Weise in ein Einsatzfahrzeug eingebaut oder nachgerüstet werden oder von einer berechtigten Person im Einsatzfahrzeug mitgeführt werden.

Eine mobile Lösung mittels eines mobilen Endgeräts macht hingegen eine Ausrüstung eines jeden in Frage kommenden Einsatzfahrzeugs mit entsprechender Hard- und Software für die Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens überflüssig, wodurch erhebliche Kosten eingespart werden können. Es werden nur noch einige mobile Endgeräte, zum Beispiel Tabletcomputer oder Mobiltelefone (Smartphones), benötigt, auf denen eine das Verfahren implementierende Software ("App") lauffähig gespeichert ist. Mit derartigen dienstlichen mobilen Endgeräten sind die Einsatzkräfte in der Regel ausgestattet, so dass keine zusätzliche Hardware mehr erforderlich ist.

Bei allen Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens ist es von Vorteil, wenn der Teilschritt des Prognostizierens der Fahrtroute für das zumindest eine Einsatzfahrzeug auf dem Einsatzcomputer mittels einer darauf laufenden Navigationssoftware durchgeführt wird und wenn auf dem Einsatzcomputer weiterhin der Teilschritt des Erstellens des Wechsellichtzeichenanlagen-Begegnungsplans auf der Basis dieser prognostizierten Fahrtroute und einer Topologie- und Eigenschaftsinformation über die Wechsellichtzeichenanlagen des Verkehrswegenetzes, die in einem dem Einsatzcomputer zugeordneten oder mit dem Einsatzcomputer verbindbaren Datenspeicher abgelegt ist, durchgeführt wird. Smartphones und Tabletcomputer sind in der Regel bereits mit einer darauf lauffähig gespeicherten Navigationssoftware ausgestattet und mit ausreichend

Datenspeicherplatz verfügbar, so dass auch die Anschaffung von separaten Navigationssystemen eingespart werden kann.

Gemäß einer anderen vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, die mit anderen Ausführungsformen kombinierbar ist, werden die aktuellen Positionsdaten und der Fahrtrichtungsvektor des zumindest einen Einsatzfahrzeugs zusammen mit dem (authentifizierten) Vorranganforderungssignal auch unmittelbar oder mittelbar an autonome Fahrzeuge übertragen, die sich auf der prognostizierten Fahrtroute des Einsatzfahrzeugs befinden. Diese autonomen Fahrzeuge werden dadurch veranlasst, die für das zumindest eine Einsatzfahrzeug benötigte Fahrbahn zu räumen oder gar nicht erst zu befahren. Autonome Fahrzeuge, also Kraftfahrzeuge, die ohne Fahrer am Straßenverkehr teilnehmen, also führerlos autonom fahren oder halten, werden auf diese Weise frühzeitig und unabhängig von eigenen Onboard-Sensoren vom Herannahen des zumindest einen Einsatzfahrzeugs informiert und veranlasst, die für das zumindest eine Einsatzfahrzeug freizuhalten Fahrbahn zu räumen oder gar nicht erst zu befahren. So kann zum Beispiel ein solches autonomes Fahrzeug auf den Empfang dieser Information vom herannahenden Einsatzfahrzeug hin automatisch in einen priorisierten Fahrmodus umgeschaltet werden, in welchem es selbsttätig an den nächstgelegenen Fahrbahnrand fährt und dort verharrt, sofern Sensoren des autonomen Fahrzeugs neben dem Fahrzeug eine freie Fahrbahnbreite detektieren, die größer als eine vorgegebene, für die Durchfahrt von Einsatzfahrzeugen erforderliche Breite ist.

Vorteilhaft ist dabei, wenn die Übertragung der aktuellen Positionsdaten und des Fahrtrichtungsvektors sowie eines (authentifizierten) Vorranganforderungssignals des zumindest einen Einsatzfahrzeugs an autonome Fahrzeuge mittelbar über zumindest einen zentralen Telematikrechner erfolgt, mit dem die autonomen Fahrzeuge zur Datenübertragung verbunden sind. Dort können beispielsweise durch eine übergeordnete Instanz die Authentizität des Vorranganforderungssignals und die entsprechende Berechtigung des Einsatzfahrzeugs überprüft werden, bevor die entsprechenden Signale und Daten an die autonomen Fahrzeuge gesandt werden.

Es kann aber auch von Vorteil sein, wenn die Übertragung der aktuellen Positionsdaten und des Fahrtrichtungsvektors sowie eines (authentifizierten) Vorranganforderungssignals des zumindest einen Einsatzfahrzeugs an autonome Fahrzeuge direkt vom Einsatzfahrzeug aus erfolgt. Dadurch wird der Weg dieser Information nicht über eine zentrale Station sondern vom Einsatzfahrzeug direkt oder über den Telematikrechner zu den autonomen Fahrzeugen geroutet, wodurch ein schnellerer Informationsfluss erzielt werden kann.

Grundsätzlich ist die vorstehend beschriebene Idee der Beeinflussung von autonomen Fahrzeugen durch ein Einsatzfahrzeug unabhängig von der hier gegenständlichen Idee der Beeinflussung von Wechsellichtzeichenanlagen zu sehen und stellt somit eine eigenständige Erfindung dar, die für sich allein oder in Kombination mit einer Beeinflussung von Wechsellichtzeichenanlagen realisiert sein kann.

Der auf die Vorrichtung gerichtete Teil der Aufgabe wird gelöst durch ein System mit den Merkmalen des Patentanspruchs 14.

Dieses System zur Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens weist ein Verkehrswegenetz mit einem ersten Gebiet mit einer Mehrzahl von autonomen Wechsellichtzeichenanlagen sowie einem zweiten Gebiet mit von einem zentralen Verkehrsleitrechner gesteuerten Wechsellichtzeichenanlagen auf. Des Weiteren weist das System zumindest ein sich in diesem Verkehrswegenetz bewegendes Einsatzfahrzeug mit Wegerecht auf, dessen Fahrt auf einer prognostizierten Fahrtroute innerhalb des Verkehrswegenetzes mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens beschleunigt wird oder werden soll. In dem zumindest einen Einsatzfahrzeug ist ein Einsatzcomputer vorgesehen, der vorzugsweise von einem tragbaren mobilen Endgerät gebildet ist und der mit einem Sender zur Datenübertragung funktional verbunden ist oder diesen aufweist, wobei auf dem Einsatzcomputer ein Computerprogramm ablaufbar gespeichert ist, das zumindest den Schritt e) – und vorzugsweise auch den Schritt h) – des erfindungsgemäßen

Verfahrens ausführt. Die jeweilige autonome Wechsellichtzeichenanlage oder eine dieser zugeordnete Steuereinheit ist mit einer Sender-Empfänger-Einrichtung versehen oder funktional verbunden, wobei in der jeweiligen Steuereinheit ein Computerprogramm ablaufbar gespeichert ist, das die zugeordneten autonomen Wechsellichtzeichenanlagen mit der Vorrangsteuerung beaufschlagt.

Vorzugsweise sind in dem Einsatzfahrzeug zumindest ein Positionsdatengeber und ein Fahrtrichtungsvektordatengeber vorgesehen, wobei der Einsatzcomputer mit diesen Gebern wirksam verbunden ist oder diese Geber aufweist.

Vorzugsweise ist eine Navigationssoftware auf dem Einsatzcomputer ablaufbar gespeichert, mit der eine prognostizierte Fahrtroute zwischen der aktuellen Position und einem vorgegebenen Fahrtziel ermittelbar ist.

Weiter vorzugsweise führt das in der jeweiligen Steuereinheit ablaufbar gespeicherte Computerprogramm, das die zugeordneten autonomen Wechsellichtzeichenanlagen mit der Vorrangsteuerung beaufschlagt, auch zumindest die Schritte i) und j) des erfindungsgemäßen Verfahrens aus.

Dieses System gestattet auf besonders vorteilhafte Weise die Umsetzung des erfindungsgemäßen Verfahrens, wobei sich lediglich an Bord des Einsatzfahrzeugs eine entsprechende Hard- und Software befinden muss, die in der Lage ist, die verfahrensrelevanten Daten bereitzustellen oder zu ermitteln und an Empfänger zu übermitteln. Die autonomen Wechsellichtzeichenanlagen oder die jeweils mit einer autonomen Wechsellichtzeichenanlage funktional verbundene Steuereinheit selbst benötigt lediglich eine zusätzliche Software und eine Empfänger- und Senderfunktionalität zum Empfang und zur Weiterübermittlung der vom Einsatzfahrzeug übermittelten Daten, um aufgrund dieser Daten die Ampelschaltungen entlang der prognostizierten Fahrtroute des zumindest einen Einsatzfahrzeugs und gegebenenfalls im Bereich der "grünen Wolke" zu beeinflussen. Die einzelnen Wechsellichtzeichen selbst müssen nicht mit

zusätzlicher Hard- oder Software ausgestattet werden, wodurch die Kosten für den Betreiber des Verkehrsnetzes überschaubar bleiben.

Vorteilhafterweise weist in einem solchen System der Einsatzcomputer eine Datenspeichereinrichtung auf oder er ist mit einer solchen zumindest zur Datenabfrage wirksam verbunden. In der Datenspeichereinrichtung ist Information über die autonomen Wechsellichtzeichenanlagen des Verkehrsnetzes gespeichert und das auf dem Einsatzcomputer ablaufbar gespeicherte Computerprogramm führt unter Verwendung dieser gespeicherten Daten den Schritt g) aus.

Schließlich ist die Erfindung gemäß Patentanspruch 16 auch auf ein Computerprogrammprodukt gerichtet, das zur Durchführung eines Verfahrens gemäß der vorliegenden Erfindung ausgestaltet ist.

Dazu enthält das Computerprogrammprodukt ein erstes Computerprogramm, das den Schritt e) ausführt, vorzugsweise auch den Schritt g) ausführt sowie den Schritt h) auslöst und steuert, und das auf einem einsatzfahrzeugseitigen Einsatzcomputer, vorzugsweise einem mobilen Endgerät, ablaufbar speicherbar ist. Das Computerprogrammprodukt enthält vorzugsweise weiterhin ein zweites Computerprogramm, das den Schritt i) ausführt und den Schritt j) auslöst und steuert und das auf einem Steuercomputer einer mit den Wechsellichtzeichen einer jeweiligen autonomen Wechsellichtzeichenanlage funktional verbundenen Steuerungseinrichtung ablaufbar speicherbar ist, wobei das erste Computerprogramm und das zweite Computerprogramm ausgebildet sind, um zum Zweck der Datenübertragung, vorzugsweise verschlüsselt über eine gegen Manipulation gesicherte Funkverbindung, miteinander zu kommunizieren und wobei das zweite Computerprogramm ausgebildet ist, um zum Zweck der Datenübertragung, vorzugsweise verschlüsselt über eine gegen Manipulation gesicherte Funkverbindung, mit einem weiteren zweiten Computerprogramm, das auf einem Steuercomputer einer weiteren autonomen Wechsellichtzeichenanlage läuft, zu kommunizieren.

Ein solches Computerprogrammprodukt besteht somit aus im Wesentlichen zwei Teilen, nämlich einem ersten Teil, der in einem entsprechenden Computergerät an Bord des Einsatzfahrzeugs lauffähig gespeichert ist, und einem zweiten Teil, der in einer jeweiligen autonomen Wechsellichtzeichenanlage oder in einem mit dieser funktional verbundenen Steuercomputer einer Steuereinheit der Wechsellichtzeichenanlage sowie gegebenenfalls (bei einem Verkehrsnetz mit autonomen und zentral gesteuerten Wechsellichtzeichenanlagen) auch in einem zentralen Verkehrsleitreechner lauffähig gespeichert ist.

Bei dem im Einsatzfahrzeug vorgesehenen Teil des Computerprogrammprodukts kann es sich beispielsweise um eine App handeln, die auf einem mitgeführten mobilen Endgerät oder in einem Fahrzeug-Navigationssystem des Einsatzfahrzeugs abläuft. Für den der Wechsellichtzeichenanlage (und gegebenenfalls einem zentralen Verkehrsleitreechner) zugeordneten Teil des Computerprogrammprodukts kann beispielsweise eine eigenständige Programmschicht in einem Mehrschicht-Modell einer Wechsellichtzeichensteuerung vorgesehen sein.

Bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung mit zusätzlichen Ausgestaltungsdetails und weiteren Vorteilen sind nachfolgend unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen näher beschrieben und erläutert.

#### KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

Es zeigt:

Fig. 1 einen Ausschnitt aus einem innerstädtischen Straßennetz, das Bestandteil des Verkehrsnetzes ist, mit einer schematischen Blockdiagrammdarstellung der dortigen Wechsellichtzeichenanlagen;

Fig. 2 eine symbolische schematische Darstellung der Datenübermittlung nach dem erfindungsgemäßen Verfahren;

- Fig. 3 eine Topologie eines anderen Ausschnitts aus einem innerstädtischen Straßennetz, das Bestandteil des Verkehrswegenetzes ist;
- Fig. 3A einen ersten Ausschnitt aus Fig. 3;
- Fig. 3B einen zweiten Ausschnitt aus Fig. 3;
- Fig. 4 eine symbolische schematische Darstellung der Datenübermittlung nach dem erfindungsgemäßen Verfahren an einer Grenze des Gebiets autonomer Wechsellichtzeichenanlagen und
- Fig. 5 einen Ausschnitt aus Fig. 3 mit einem vorausfahrenden autonomen Fahrzeug.

#### DARSTELLUNG VON BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSBEISPIELEN

In Fig. 1 ist in vereinfachter schematischer Darstellung ein Ausschnitt aus einem nicht von einem Verkehrsleitrechner kontrollierten Verkehrswegenetz 1 dargestellt, das eine Mehrzahl von Straßenkreuzungen 11, 12, 13, 14, 15, 16 und Straßeneinmündungen 10, 17, 18, 19 von unterschiedlich komplexer Gestalt aufweist. Eine Straßeneinmündung 10 und alle gezeigten Straßenkreuzungen 11, 12, 13, 14, 15, 16 sind mit jeweils einer autonomen Wechsellichtzeichenanlage 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 ausgestattet, die in dem Verkehrswegenetz 1 vorgesehen sind, um den fließenden Verkehr zu regeln.

Jede dieser autonomen Wechsellichtzeichenanlagen 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 umfasst eine Mehrzahl von Wechsellichtzeichen 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28; 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38; 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48; 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58; 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68; 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78; 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, zum Beispiel Ampeln für die jeweiligen Fahrspuren einer Straße, Abbiegeampeln, Fußgängerampeln und Radfahrerampeln sowie Sonderlichtzeichen für den

öffentlichen Nahverkehr. Warnlichtzeichen an schienengleichen Straßenbahn- oder Bahnübergängen und entsprechende Signale für auf Schienenfahrwegen im Verkehrswegenetz verkehrende Schienenfahrzeuge können im weitesten Sinne zu diesen Wechsellichtzeichen gezählt werden.

Auch wenn das Fahren von autonomen Fahrzeugen in einem öffentlichen Verkehrswegenetz mit gemischtem Betrieb zum Anmeldezeitpunkt noch nicht oder nur versuchsweise realisiert ist, kann man zu den Wechsellichtzeichen im Sinne der vorliegenden Erfindung auch jene künftigen Verkehrslenkungsmittel zählen, die Information darüber, ob eine Fahrspur freigegeben ("grün") oder gesperrt ("rot") ist, an ein jeweiliges Fahrzeug – unabhängig davon, ob dies ein fahrgesteuertes oder ein autonomes Fahrzeug ist – übermitteln. Der Begriff "Wechsellichtzeichen" umfasst somit solche künftigen "virtuellen Wechsellichtzeichen", klassische Ampeln und Lichtsignale sowie auch historische mechanische Ampeln (z.B. Zeigerampeln). Daher kann der Begriff "Wechsellichtzeichen" in der hier verwendeten Definition auch allgemein als "Verkehrslenkungs-Hinweismittel" bezeichnet werden.

In der Darstellung der Fig. 1 sind jeder der Wechsellichtzeichenanlagen 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 nur acht Wechsellichtzeichen zugeordnet; es ist für den Fachmann jedoch selbstverständlich, dass die Anzahl an einer Wechsellichtzeichenanlage zugeordneten Wechsellichtzeichen je nach Bedarf kleiner oder größer sein kann.

Herkömmlicherweise ist eine solche autonome Wechsellichtzeichenanlage 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 an einer Verkehrswegekreuzung, zum Beispiel einer Straßenkreuzung, oder an einer Straßeneinmündung vorgesehen. Sie steht mit keinem regionalen oder überregionalen, zentralen Verkehrsleitreechner in Wirkverbindung, sondern weist eine eigene lokale Steuereinheit 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 auf, die ausschließlich die Wechsellichtzeichen 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28; 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38; 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48; 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58; 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78; 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88 ihrer autonomen Wechsellichtzeichenanlage 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 nach zumindest einem vorgegebenen oder vorgebbaren Programm autonom steuert, das beispielsweise auf einem

Computer 29, 39, 49, 59, 69, 79, 89 der jeweiligen lokalen Steuereinheit 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 abläuft. Es kann in Ausnahmefällen auch Wechsellichtzeichenanlagen 7, 8 geben, die aufgrund sehr nahe beieinander liegender Kreuzungen 15, 16 oder Straßeneinmündungen von einer lokalen Mastersteuerung 700, deren Mastercomputer 710 mit den Computern 79, 89 der Steuereinheiten 70, 80 aufeinander abgestimmt gesteuert werden.

Während derartige herkömmliche autonome Wechsellichtzeichenanlagen 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 bisher zumindest nicht großflächig miteinander in Wirkverbindung standen, sondern steuerungstechnisch Inselösungen an den jeweiligen Verkehrswegekrenzungen 11, 12, 13, 14, 15, 16 beziehungsweise Straßeneinmündungen 10, 17, 18, 19 darstellten, verbindet die Erfindung nun bedarfsorientiert zumindest einen Teil der autonomen Wechsellichtzeichenanlagen, nämlich im nachstehenden Beispiel die autonomen Wechsellichtzeichenanlagen 2, 3, 4, 5, miteinander und schafft dadurch ein Ad-hoc-Netzwerk ohne Steuerung durch eine regionale oder überregionale zentrale Verkehrsleiteinrichtung. In diesem Ad-hoc-Netzwerk bilden einzelne autonome Wechsellichtzeichenanlagen 2, 3, 4, 5 oder die ihnen jeweils zugeordneten Steuereinheiten 20, 30, 40, 50 jeweils einen Netzwerkknoten. Dazu ist jede der autonomen Wechsellichtzeichenanlagen 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 mit einem Datenempfänger 29', 39', 49', 59', 69', 79', 89' sowie einem Datensender 29'', 39'', 49'', 59'', 69'', 79'', 89'' versehen, die jeweils mit dem Computer 29, 39, 49, 59, 69, 79, 89 der entsprechenden Steuereinheit 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 zur Datenübermittlung wirksam verbunden sind.

In Fig. 1 ist auch ein Einsatzfahrzeug 9 mit vorrangigem Wegerecht dargestellt, das in einer aktuellen Fahrtrichtung mit aktuellem Fahrtrichtungsvektor  $R'$  auf einer der Straßen des Verkehrsnetzes 1 mit Martinshorn und Blaulicht unterwegs ist, um zu einem Einsatzziel zu fahren. Das Einsatzfahrzeug 9 steht über eine Funkverbindung 92 mit einer Einsatzleitzentrale 90 in Verbindung und ist in der Lage, nach erfolgter Autorisierung durch die Einsatzzentrale 90, die autonomen Wechsellichtzeichenanlagen 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 zu beeinflussen. Diese Beeinflussung erfolgt gemäß dem Verfahren der Erfindung zum Zweck einer Vorrangsteuerung für

das Einsatzfahrzeug 9 auf seiner Fahrtroute zum Einsatzziel durch das Gebiet des Verkehrswegenetzes 1, dessen Wechsellichtzeichenanlagen 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 autonom arbeiten und nicht von einem regionalen oder überregionalen zentralen Verkehrsleitreechner gesteuert werden.

Eine solche Vorrangsteuerung wird auf der Basis der prognostizierten Fahrtroute R des Einsatzfahrzeugs 9 und der lokalen Topografie der Umgebung einer Straßenkreuzung oder Straßeneinmündung und der Wechsellichtzeichenanordnung an dieser Straßenkreuzung oder Straßeneinmündung ermittelt. Konkret wird zunächst der prognostizierte Fahrkorridor des Einsatzfahrzeugs an dieser Straßenkreuzung oder Straßeneinmündung ermittelt und dann wird entschieden, welche der Wechsellichtzeichen an dieser Straßenkreuzung oder Straßeneinmündung wie geschaltet werden müssen, um den Fahrkorridor vom Verkehr zu befreien und für das Einsatzfahrzeug frei zu halten.

Im Falle eines Einsatzes erhält das Einsatzfahrzeug 9 beziehungsweise das Einsatzpersonal im Einsatzfahrzeug 9 von der Einsatzzentrale 90 einen Einsatzbefehl mit den Daten des Einsatzortes, also des Fahrtziels für das Einsatzfahrzeug 9. Diese Daten werden beispielsweise über eine erste Funkverbindung 92 von der Einsatzleitzentrale 90 an das Einsatzfahrzeug 9 übertragen. An Bord des Einsatzfahrzeugs 9 ist ein Einsatzcomputer 94 vorhanden, der die über die Funkverbindung 92 übermittelten Informationen über den Einsatzort und das Fahrtziel empfängt. Dieser Einsatzcomputer 94 kann fest im Einsatzfahrzeug 9 eingebaut sein. Vorzugsweise wird der Einsatzcomputer 94 jedoch von einem Tabletcomputer oder einem Mobilfunkgerät, beispielsweise einem Smartphone, gebildet, auf dem ein Einsatz-Computerprogramm abläuft. Der Einsatzcomputer 94 verfügt darüber hinaus über einen Positionsdatengeber und einen Fahrtrichtungsvektordatengeber sowie über einen mit diesen Gebern zur Datenübertragung verbundenen Sender.

Der Einsatzcomputer 94 ist mit einer Navigationssoftware versehen oder hat Zugriff auf einen an Bord des Einsatzfahrzeugs 9 befindlichen Navigationscomputer, um die

jeweils aktuelle Position des Einsatzfahrzeugs 9 sowie dessen Fahrtrichtungsvektor  $R'$  im aktuellen Verkehrswegenetz 1 bestimmen zu können. Zudem verfügt der Einsatzcomputer 94 Positionsinformation über die im Verkehrswegenetz 1 vorhandenen autonomen Wechsellichtzeichenanlagen 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8. Diese Information ist entweder aus einem Datenspeicher des Einsatzcomputers 94 oder aus einem mit diesem verbundenen oder verbindbaren Datenspeicher abrufbar oder der Einsatzcomputer 94 erhält diese Information über die Funkverbindung 92 von der Einsatzzentrale 90. Anhand der bekannten Fahrtzieldaten wird ein Vorschlag für eine Fahrtroute  $R$  vom aktuellen Standort des Einsatzfahrzeugs zum Fahrtziel von der Navigationssoftware beziehungsweise dem Navigationsgerät berechnet. Diese prognostizierte Fahrtroute  $R$  des Einsatzfahrzeugs 9 ist in Fig. 1 durch die Pfeile  $R$  symbolisiert dargestellt.

Mit den Daten der prognostizierten Fahrtroute  $R$  und der gespeicherten Positionsinformation über die im Verkehrswegenetz 1 vorhandenen autonomen Wechsellichtzeichenanlagen 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 ermittelt der Einsatzcomputer 94 die entlang der prognostizierten Fahrtroute  $R$  gelegenen autonomen Wechsellichtzeichenanlagen 2, 3, 4, 5 und erstellt einen Wechsellichtzeichenanlagen-Begegnungsplan für das Einsatzfahrzeug entlang der prognostizierten Fahrtroute  $R$ . Selbstverständlich kann dieser Wechsellichtzeichenanlagen-Begegnungsplan auch außerhalb des Einsatzcomputers 94, beispielsweise in der Einsatzzentrale 90, erstellt und an den Einsatzcomputer 94 über die Funkverbindung 92 übermittelt werden. Aus dem Wechsellichtzeichenanlagen-Begegnungsplan entnimmt der Einsatzcomputer 94 aufgrund der ihm bekannten Position des Einsatzfahrzeugs 9 und der ihm bekannten Fahrtroute  $R$  die nächste vorausliegende autonome Wechsellichtzeichenanlage 2.

Vom Einsatzcomputer 94 werden anschließend, wie es in Fig. 2 durch den Blitzpfeil symbolisch dargestellt ist, über dessen Sender der Wechsellichtzeichenanlagen-Begegnungsplan sowie eine Vorranganforderungsbotschaft an die auf der prognostizierten Fahrtroute  $R$  des Einsatzfahrzeugs 9 vorausgelegene nächste autonome Wechsellichtzeichenanlage 2 per Datenfunk übermittelt, wie es durch das

Briefsymbol in Fig. 2 symbolisch dargestellt ist. Diese Datenfunksignale werden vom Datenempfänger 29' der Steuereinheit 20 empfangen und dem Computer 29 der Steuereinheit 20 zugeführt. Der Computer 29 überprüft die empfangene Vorranganforderungsbotschaft auf Authentizität und aktiviert daraufhin ein Vorrangprogramm für die Schaltung der autonomen Wechsellichtzeichenanlage 2, das die Wechsellichtzeichen für die prognostizierte Fahrtroute R für das Einsatzfahrzeug 9 an der Straßeneinmündung 10 auf freie Fahrt ("grün") schaltet. Weiterhin ermittelt der Computer 29 aus der aktuellen Position des Einsatzfahrzugs 9, dem empfangenen Wechsellichtzeichenanlagen-Begegnungsplan und der prognostizierten Fahrtroute R die auf der prognostizierten Fahrtroute nächstfolgende Wechsellichtzeichenanlage 3.

Der Wechsellichtzeichenanlagen-Begegnungsplan und die Vorranganforderungsbotschaft werden anschließend vom Computer 29 der Steuereinheit 20 der autonomen Wechsellichtzeichenanlage 2 über deren Datensender 29" an die entlang der prognostizierten Fahrtroute R folgende autonome Wechsellichtzeichenanlage 3 übermittelt, woraufhin auch diese Wechsellichtzeichenanlage 3 in ein entsprechendes Vorrangprogramm versetzt wird, das auch an der Kreuzung 11 die Wechsellichtzeichen für die prognostizierte Fahrtroute R für das Einsatzfahrzeug 9 auf freie Fahrt ("grün") schaltet.

Der Wechsellichtzeichenanlagen-Begegnungsplan und die Vorranganforderungsbotschaft werden dann von der Wechsellichtzeichenanlage 3 an die nächste entlang der prognostizierten Fahrtroute R voraus liegende Wechsellichtzeichenanlage 4 und von dieser weiter an die in der prognostizierten Fahrtrichtung R nächstfolgende Wechsellichtzeichenanlage 5 übermittelt, woraufhin auch die Wechsellichtzeichenanlage 4 in ein entsprechendes Vorrangprogramm wechselt und die für die prognostizierte Fahrtrichtung R relevanten Wechsellichtzeichen an der Kreuzung 12 auf "grün" schaltet und woraufhin anschließend auch die Wechsellichtzeichenanlage 5 in ein entsprechendes Vorrangprogramm wechselt und die für die prognostizierte Fahrtrichtung R relevanten Wechsellichtzeichen an der Kreuzung 13 auf "grün" schaltet.

Die Weiterleitung des Vorranganforderungssignals und des Wechsellichtzeichenanlagen-Begegnungsplans an die autonomen Wechsellichtzeichenanlagen 2, 3, 4, 5 entlang der prognostizierten Fahrtroute erfolgt so nach Art einer Eimerkette, wobei die jeweilige Weiterleitung unter Berücksichtigung der Fahrgeschwindigkeit des Einsatzfahrzeugs 9, des jeweiligen Abstands zwischen zwei aufeinander folgenden Wechsellichtzeichenanlagen und gegebenenfalls unter Berücksichtigung der Verkehrsdichte zeitverzögert erfolgen kann.

Zusätzlich zu dieser eimerkettenartigen Informationsweiterleitung übermittelt der Einsatzcomputer 94 in Intervallen jeweils aktualisierte Positions- und Fahrtrichtungsdaten wie den aktuellen Fahrtrichtungsvektor  $R'$  des Einsatzfahrzeug 9 und einen aktualisierten Wechsellichtzeichenanlagen-Begegnungsplan sowie die Vorranganforderungsbotschaft zusammen mit den Einsatz autorisierenden Authentifizierungsdaten an die aktuell auf der prognostizierten Fahrtroute  $R$  des Einsatzfahrzeugs 9 vorausgelegene nächste autonome Wechsellichtzeichenanlage, die dann diese Information wie oben beschrieben verarbeitet und als aktualisierte Information entlang der Eimerkette weiterreicht. Wenn der Fahrer des Einsatzfahrzeugs 9 aufgrund äußerer Einflüsse die Fahrtroute spontan ändert, wird auf diese Weise gewährleistet, dass auch entlang der neuen prognostizierten Fahrtroute Vorrangschaltungen der betreffenden autonomen Wechsellichtzeichenanlagen eingerichtet werden.

Es wird nach dieser Variante der Erfindung also für das zumindest eine Einsatzfahrzeug 9 vorausschauend eine dynamische "grüne Welle" in einem Gebiet eines Verkehrswegenetzes 1 geschaltet, in dem die Wechsellichtzeichenanlagen autonom geschaltet werden und nicht von einem regionalen oder überregionalen Verkehrsleitreechner gesteuert sind.

Die Datenübertragungen zwischen dem zumindest einen Einsatzfahrzeug 9 und den Wechsellichtzeichenanlagen 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 und zwischen den

Wechsellichtzeichenanlagen 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 untereinander erfolgen jeweils verschlüsselt über gegen Manipulation gesicherte Funkstrecken.

Nachstehend wird in Verbindung mit Fig. 3 eine besonders bevorzugte und vorteilhafte Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens erläutert.

Parallel zur vorstehend beschriebenen Einrichtung einer dynamischen "grünen Welle" für das Einsatzfahrzeug 9 werden weitere autonome Wechsellichtzeichenanlagen 6, 7 in der Umgebung der vor dem Einsatzfahrzeug 9 gelegenen, die Fahrtrichtung der prognostizierten Fahrtroute R betreffenden autonomen Wechsellichtzeichenanlagen 2, 3, 4, 5 derart ("grün" oder "rot") geschaltet, dass in einem Fahrkorridor für das zumindest eine Einsatzfahrzeug 9 auf der Fahrbahn der prognostizierten Fahrtroute R befindlichen Fahrzeuge den Fahrkorridor verlassen können bevor das Einsatzfahrzeug 9 diesen Ort erreicht. Dies können beispielsweise Fahrzeuge des Gegenverkehrs, des Querverkehrs oder im Fahrkorridor befindliche stehende oder abbiegewillige Fahrzeuge sein. Zudem kann diese zusätzliche Verkehrsbeeinflussung bewirken, dass Fahrzeuge nicht in den Fahrkorridor hinein fahren können, bis das zumindest eine Einsatzfahrzeug 9 diesen Ort passiert hat. Andere autonome Wechsellichtzeichenanlagen (z.B. die autonome Wechsellichtzeichenanlage 8) des Verkehrswegenetzes 1 werden von der Vorrangsteuerung in diesem Beispiel nicht beeinflusst.

Die Art und Weise, wie eine solche Vorrangsteuerung für zumindest ein Einsatzfahrzeug durch Beeinflussung von autonomen Wechsellichtzeichenanlagen in der Umgebung der unmittelbar die Fahrtrichtung betreffenden autonomen Wechsellichtzeichenanlagen erfolgt, wird nachstehend anhand der Fig. 3 erläutert.

In Fig. 3 ist schematisch die Topologie eines Straßennetzes 100 gezeigt, das Teil eines städtischen Verkehrswegenetzes 1 ist. Auch in diesem Verkehrswegenetz sind die Wechsellichtzeichenanlagen autonom ausgebildet und werden von keinem regional oder überregional zentralen Verkehrsleitreechner gesteuert. Das Verkehrswegenetz 1 kann neben dem Straßennetz 100 beispielsweise auch noch

das Netz von innerstädtischen Straßenbahnen sowie ein Netz von auf eigenständigen Spuren fahrenden Bussen des öffentlichen Nahverkehrs und bei Bedarf sogar auch durch das Straßennetz 100 führende Straßenbahn- oder Eisenbahnstrecken umfassen. Die Aufgabe des Einsatzfahrzeuges 9 besteht darin, von seinem jetzigen Standort P am unteren Bildrand der Fig. 3 zu einem am linken oberen Bildrand gelegenen Einsatzort E zu fahren, an dem sich beispielsweise ein Verkehrsunfall ereignet hat. Dieser Einsatzort E stellt gleichzeitig auch das Fahrtziel Z für das Einsatzfahrzeug 9 dar.

Der Navigationscomputer an Bord des Einsatzfahrzeugs 9 hatte ursprünglich als kürzeste Fahrtstrecke zum Einsatzort E die schräg schraffierte Fahrtroute A ermittelt. Das Einsatzfahrzeug hatte daher auf seinem bisher zurückgelegten Weg bereits den vorausliegenden Wechsellichtzeichenanlagen entlang der ursprünglich prognostizierten Fahrtroute A das Vorranganforderungssignal übermittelt wie dies in Verbindung mit Fig. 1 und Fig. 2 beschrieben worden ist.

Diese Fahrtroute A weist jedoch zwei für das schnelle Vorankommen des Einsatzfahrzeugs E kritische Abschnitte auf, nämlich den Abschnitt A1, an welchem das Einsatzfahrzeug von einer Seitenstraße in eine Hauptstraße nach rechts einbiegen und wenig später an einer Kreuzung nach links abbiegen muss. In dieser Hauptstraße verlaufen beispielsweise die Schienen einer Straßenbahn auf der Fahrbahn und es befindet sich in diesem Bereich eine Straßenbahnhaltestelle. Der Fahrer des Einsatzfahrzeugs 9 kennt diese Schwachstelle und weiß, dass er hier mit einer Verzögerung seiner Fahrt rechnen muss. Des Weiteren vermutet der Fahrer des Einsatzfahrzeugs 9, dass im Abschnitt A2 der Fahrtstrecke A, also in der auf den Unfallort zu führenden Straße, aufgrund des dort regelmäßig auftretenden hohen Verkehrsaufkommens, bereits ein Stau entstanden sein dürfte.

Der Fahrer des Einsatzfahrzeugs 9 entscheidet sich daher, an der nächsten Kreuzung K1 rechts abzubiegen und die gekreuzt schraffierte alternative Fahrtroute B zu wählen. Im Augenblick des Abbiegens des Einsatzfahrzeugs 9 an der Kreuzung K1 registriert das an Bord des Einsatzfahrzeugs 9 befindliche Navigationssystem

beziehungsweise die auf dem Einsatzcomputer 94 ablaufende Navigationssoftware die Richtungsänderung des Einsatzfahrzeugs 9. Es wird daraufhin eine neue prognostizierte Fahrtroute B für das Einsatzfahrzeug 9 berechnet. Der Einsatzcomputer 94 ermittelt sogleich die entlang der neuen prognostizierten Fahrtroute B gelegenen autonomen Wechsellichtzeichenanlagen und erstellt einen neuen, aktualisierten Wechsellichtzeichenanlagen-Begegnungsplan für das Einsatzfahrzeug 9 entlang der neuen prognostizierten Fahrtroute B. Dann übermittelt der Einsatzcomputer 94 den neuen Wechsellichtzeichenanlagen-Begegnungsplan sowie eine aktualisierte Vorranganforderungsbotschaft zusammen mit den in der Vorranganforderungsbotschaft enthaltenen Authentifizierungsdaten des Einsatzfahrzeugs oder der berechtigten Einsatzperson an die nächste voraus liegende autonome Wechsellichtzeichenanlage an der Kreuzung K2, die ihr Vorrangprogramm aktiviert und – wie dies in Verbindung mit dem ersten Beispiel beschrieben worden ist – den Wechsellichtzeichenanlagen-Begegnungsplan sowie eine aktualisierte Vorranganforderungsbotschaft an die Wechsellichtzeichenanlage 143 der nächsten Kreuzung K3 übermittelt, die dann ihrerseits ihr Vorrangprogramm aktiviert.

Der Bereich der Kreuzung K3 weist jedoch eine komplexe Verkehrsführung auf, da sich unmittelbar neben der Kreuzung K3 eine weitere Kreuzung K30 befindet, die ebenfalls ampelgesteuert ist. Hier treten oft Rückstauungen vor den Wechsellichtzeichen an der Kreuzung K30 auf, die bis in die Kreuzung K3 hineinreichen. Daher ist es nicht ausreichend, wenn die die prognostizierte Fahrtrichtung R des Einsatzfahrzeugs 2 betreffenden Wechsellichtzeichen der Kreuzung K3 auf grün geschaltet werden, sondern es muss vorher dafür gesorgt werden, dass der sich in die Kreuzung K3 vor den Wechsellichtzeichen der Kreuzung K30 rückstauende Verkehr die Kreuzung K3 verlassen kann.

Hierzu werden, wie in Fig. 3A stark vergrößert dargestellt ist, die Wechsellichtzeichen 1431, 1432, die den in die Kreuzung K3 hinein fließenden Querverkehr regeln, auf "HALT" geschaltet, was durch einen Kreis mit Kreuz symbolisiert ist. Ist an der Kreuzung K3 auf der Fahrbahn der prognostizierten Fahrtrichtung R das

Linksabbiegen zulässig, wird auch der Geradeaus fahrende Gegenverkehr mittels des Wechsellichtzeichens 1433 angehalten. Dadurch können Linksabbieger die Fahrbahn der prognostizierten Fahrtrichtung R verlassen und für das Einsatzfahrzeug 9 frei machen. Auch der über die Fahrbahn der prognostizierten Fahrtroute B führende Linksabbiegerverkehr aus der Gegenrichtung wird durch das auf "HALT" geschaltete Wechsellichtzeichen 1433' angehalten, während das Wechsellichtzeichen 1434, das die Fahrtrichtung R des Einsatzfahrzeugs 9 auf der prognostizierten Fahrtroute B betrifft, auf "freie Fahrt" geschaltet wird, was durch den Geradeaus-Pfeil im Kreis symbolisiert ist. Auf diese Weise ist die autonome Wechsellichtzeichenanlage 143, die unmittelbar die Kreuzung K3 betrifft, so geschaltet, dass keine die Fahrbahn der prognostizierten Fahrtroute R des Einsatzfahrzeugs 9 blockierenden Verkehrsströme in die Kreuzung K3 hineinfließen und eventuell im Fahrkorridor auf der Fahrbahn der prognostizierten Fahrtroute R befindliche wartende Fahrzeuge den Fahrkorridor verlassen können.

Eine Steuerung der zur autonomen Wechsellichtzeichenanlage 143 der Kreuzung K3 gehörenden Wechsellichtzeichen ist im vorliegenden Fall jedoch nicht ausreichend, da durch die unmittelbar benachbarte Kreuzung K 30 mit der dort befindlichen ebenfalls autonomen Wechsellichtzeichenanlage 143' der Verkehr auf der Kreuzung K 3 dahingehend negativ beeinflusst wird, dass es häufig zu Rückstauungen des Querverkehrs kommt, der bis in die Kreuzung K3 hinein reicht. Aus diesem Grund werden der Wechsellichtzeichenanlagen-Begegnungsplan sowie die Vorranganforderungsbotschaft von der autonomen Wechsellichtzeichenanlage 143 nicht nur an die entlang der prognostizierten Fahrtroute R voraus liegende autonome Wechsellichtzeichenanlage 144 an der Kreuzung K4 übermittelt, sondern auch an die autonome Wechsellichtzeichenanlage 143' der seitlich benachbarten Kreuzung K30. Die erfindungsgemäße Beeinflussung der autonomen Wechsellichtzeichenanlagen wird nun im Bereich der Kreuzung K3 über die autonome Wechsellichtzeichenanlage 143 hinaus auch auf die ebenfalls autonome Wechsellichtzeichenanlage 143' von der benachbarten Kreuzung K30 ausgedehnt.

Der Wirkungsbereich 143" der Vorrangsteuerung erweitert sich also von der die Kreuzung K3 betreffenden autonomen Wechsellichtzeichenanlage 143 auf die der benachbarten Kreuzung K30 zugeordnete autonome Wechsellichtzeichenanlage 143'. Dies erfolgt in der Form, dass der aus der Kreuzung K3 herausführende Verkehr über die Kreuzung K30 durch das auf "freie Fahrt" geschaltete Wechsellichtzeichen 1435 der benachbarten Kreuzung K30 abfließen kann, so dass die Kreuzung K3 geräumt wird. Die Wechsellichtzeichen 1436 und 1437 der autonomen Wechsellichtzeichenanlage 143', die den Querverkehr bezüglich des vorgenannten abfließenden Verkehrs regeln, sind dazu auf "HALT" geschaltet.

Auf diese Weise wird also der Wirkungsbereich 143" der Beeinflussung der autonomen Wechsellichtzeichenanlagen von der Kreuzung K3 auf die Kreuzung K30 ausgedehnt, indem zwei bezüglich der prognostizierten Fahrtrichtung R einander seitlich benachbarte jeweils autonome Wechsellichtzeichenanlagen 143, 143' in ein jeweiliges Vorrangprogramm versetzt werden. Die beschriebene Steuerung der autonomen Wechsellichtzeichenanlage 143' sorgt für ein Abfließen des Verkehrs aus der Kreuzung K3 und die beschriebene Steuerung der autonomen Wechsellichtzeichenanlage 143 verhindert ein weiteres Hineinfließen von Verkehr in die Kreuzung K3, so dass die Kreuzung K3 bei Ankunft des Einsatzfahrzeugs 9 geräumt ist und das Einsatzfahrzeug 9 die Kreuzung K3 ohne wesentliche verkehrsbedingte Verringerung seiner Geschwindigkeit überfahren kann.

Hat das Einsatzfahrzeug 9 die Kreuzung K3 überfahren, so muss es an der darauf folgenden Kreuzung K4 links abbiegen. Dieser Abbiegewunsch ist im Wechsellichtzeichenanlagen-Begegnungsplan enthalten und somit der dortigen autonomen Wechsellichtzeichenanlage 144 bereits bekannt, da ihr der Wechsellichtzeichen-Begegnungsplan bereits von der zurückliegenden autonomen Wechsellichtzeichenanlage 143 übermittelt worden ist, so dass die autonome Wechsellichtzeichenanlage 144 ihre Wechsellichtzeichen an der Kreuzung K4 entsprechend schalten kann. Dazu werden nicht nur die Wechsellichtzeichen der autonomen Wechsellichtzeichenanlage 144 für den Querverkehr auf "HALT" geschaltet, sondern auch die Wechsellichtzeichen für den Gegenverkehr und für den

Fußgängerverkehr werden auf "HALT" geschaltet, so dass nur die die Fahrtroute des Einsatzfahrzeugs betreffende Wechsellichtzeichen auf "freie Fahrt" geschaltet ist. Das Einsatzfahrzeug kann so ohne verkehrsbedingte Verringerung seiner Geschwindigkeit an der Kreuzung K4 links abbiegen. An der darauf folgenden Kreuzung K5 wird wiederum in bereits beschriebener Weise eine freie Geradeausfahrt für das Einsatzfahrzeug 9 geschaltet.

Die folgenden Kreuzungen K6, K7 und K8 auf der prognostizierten Fahrtroute B des Einsatzfahrzeugs 9 sind Teil eines topologisch komplexeren Straßensystems mit einer Vielzahl von neben der prognostizierten Fahrtroute B gelegenen Kreuzungen und Straßeneinmündungen, die ebenfalls mit autonomen Wechsellichtzeichenanlagen versehen sind (Fig. 3B). Auf ähnliche Weise, wie dies in Verbindung mit der Steuerung der Wechsellichtzeichen der autonomen Wechsellichtzeichenanlagen 143, 143' des Wirkungsbereichs 143" um die Kreuzungen K3 und K30 herum beschrieben worden ist, wird im Bereich der Kreuzungen K6, K7 und K8 ein größerer Wirkungsbereich 147" definiert, der die in diesem Bereich befindlichen autonomen Wechsellichtzeichenanlagen umfasst, nämlich die autonome Wechsellichtzeichenanlage 146 der Kreuzung K6 mit den autonomen Wechsellichtzeichenanlagen 146' und 146" der der Kreuzung K6 benachbarten Kreuzungen beziehungsweise Straßeneinmündungen K60 und K61, der Kreuzung K7 mit ihrer autonomen Wechsellichtzeichenanlage 147 sowie der autonomen Wechsellichtzeichenanlage 147' der der Kreuzung K7 benachbarten Straßeneinmündung K70 und der autonomen Wechsellichtzeichenanlage 148 der Kreuzung K8 sowie der autonomen Wechsellichtzeichenanlage 148' an der der Kreuzung K8 benachbarten Straßeneinmündung K80 und der autonomen Wechsellichtzeichenanlagen 148" und 148'" der der Kreuzung K8 benachbarten Kreuzung K81 und der darauf folgenden Straßeneinmündung K82. In diesem Wirkungsbereich 147" erfolgt ebenfalls eine Steuerung der in diesem Wirkungsbereich 147" gelegenen autonomen Wechsellichtzeichenanlagen, die darauf gerichtet ist, ein Hineinfließen von Verkehr in den Fahrkorridor auf der Fahrbahn der prognostizierten Fahrtroute B zu verhindern und die gleichzeitig dafür sorgt, dass Fahrzeuge, die sich im Fahrkorridor auf der Fahrbahn entlang der

Fahrtroute B in Fahrtrichtung R des Einsatzfahrzeugs 9 befinden, diese Fahrbahn verlassen können.

Bei den beiden darauf folgenden Kreuzungen K9 und K10 ist es wiederum ausreichend, lediglich die autonomen Wechsellichtzeichenanlagen der jeweiligen Kreuzung K9 beziehungsweise K10 zu beeinflussen und eine freie Geradeausfahrt für das Einsatzfahrzeug 9 zu schalten.

Diese besonders bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Beeinflussung einer Mehrzahl von autonomen Wechsellichtzeichenanlagen in einem Verkehrswegenetz ohne ein regional oder überregional zentrales Verkehrsleitsystem sorgt somit dafür, dass das zumindest eine Einsatzfahrzeug 9 entlang seiner prognostizierten Fahrtroute R nicht nur eine grüne Welle vorfindet, sondern außerdem einen von die Fahrt des Einsatzfahrzeugs abbremsenden Verkehrssituationen (Verkehrsstauungen, stehender Querverkehr, wartender Abbiegeverkehr usw.) befreiten Fahrkorridor vorfindet, so dass das Einsatzfahrzeug 9 seine Fahrt mit deutlich höherer Fahrgeschwindigkeit durchführen kann als dies bisher der Fall ist und somit den Einsatzort schneller erreicht. Gleichzeitig wird dadurch das Unfallrisiko für das Einsatzfahrzeug herabgesenkt, da keine oder kaum noch "störende" Fahrzeuge in dem für das Einsatzfahrzeug 9 befreiten Fahrkorridor unterwegs sind.

Die beschriebenen Verkehrssituationen, in denen die Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens eine Beschleunigung der Einsatzfahrt des zumindest einen Einsatzfahrzeugs 9 und eine Reduktion des Unfallrisikos bewirkt, sind lediglich beispielhaft angeführt. Es kann das erfindungsgemäße Verfahren natürlich auch für viele andere Verkehrssituationen und lokale Topologien von Verkehrswegenetzen eingesetzt werden, wobei jedes Mal der Kerngedanke der Erfindung umgesetzt wird, neben der Schaltung einer "grünen Welle" für das Einsatzfahrzeug 9 durch entsprechende Schaltung der autonomen Wechsellichtzeichenanlagen im Bereich einer Kreuzung oder Straßeneinmündung oder sogar eines schienengleichen Bahnübergangs sowie in der Umgebung davon den Verkehr deutlich vor der Ankunft

des Einsatzfahrzeugs so zu beeinflussen, dass der Fahrkorridor in Fahrtrichtung der prognostizierten Fahrtroute R des Einsatzfahrzeugs 9 vor Ankunft des Einsatzfahrzeugs 9 leer oder frei gefahren wird und dass gleichzeitig ein Hineinfahren in den Fahrkorridor unterbunden wird. Dadurch findet das Einsatzfahrzeug bei der Annäherung nicht nur die "grüne Welle" vor, sondern auch einen freien Fahrkorridor. Gemäß der vorliegenden Erfindung ist dieser Vorteil auch in einem Verkehrswegenetz oder in einem Teil davon zu erzielen, in dem ausschließlich autonome oder vorwiegend autonome Wechsellichtzeichenanlagen vorhanden sind.

Eine andere abgewandelte Variante der vorliegenden Erfindung ist in Fig. 4 gezeigt. Dort liegt in Richtung der prognostizierten Fahrtroute R des Einsatzfahrzeugs 9 hinter der letzten autonomen Wechsellichtzeichenanlage 3' auf der prognostizierten Fahrtroute R die Grenze G des zum Verkehrswegenetz 1' gehörenden Gebiets I der autonomen Wechsellichtzeichenanlagen 2', 3' und es beginnt ein ebenfalls zum Verkehrswegenetz 1' gehörendes Gebiet II, in dem die Wechsellichtzeichenanlagen 4' und deren Wechsellichtzeichen, sowie weitere Wechsellichtzeichenanlagen von einem zentralen Verkehrsleitreechner 1000 gesteuert sind. An dieser Grenze G ist eine der grenznahen Wechsellichtzeichenanlagen 3'; 4' im Gebiet I oder im Gebiet II, zum Beispiel die letzte autonome Wechsellichtzeichenanlage 3' oder die erste mit dem Verkehrsrechner 1000 verbundenen Wechsellichtzeichenanlage 4', ausgebildet, um eine von der auf der Fahrtroute R des Einsatzfahrzeugs 9 zurückliegenden Wechsellichtzeichenanlage 2'; 3' empfangene Botschaft an den zentralen Verkehrsleitreechner 1000 zu übermitteln. Diese weitere Beeinflussung der auf der prognostizierten Fahrtroute R des Einsatzfahrzeugs 9 im Gebiet II gelegenen zentral gesteuerten Wechsellichtzeichenanlagen erfolgt dann durch den Verkehrsleitreechner in bekannter Weise, wie dies beispielsweise im deutschen Patent 10 2016 105 558 B3 beschrieben ist.

In Fig. 5 ist eine Situation dargestellt, in der auf der prognostizierten Fahrtroute R vor dem Einsatzfahrzeug 9 ein autonomes Fahrzeug 110 in der für das Einsatzfahrzeug 9 prognostizierten Fahrtrichtung R" fährt. Dieses autonome Fahrzeug 110 nimmt

ohne Fahrer am Straßenverkehr teil. Wie es durch die Symbole für Funkstrecken 95, 96 dargestellt ist, werden die Positionsdaten und der Fahrtrichtungsvektor  $R'$  vom Einsatzfahrzeug 9 unmittelbar oder mittelbar an auf der Fahrtroute vorausfahrende autonome Fahrzeuge übertragen. Die Übertragung von Signalen und Daten über die Funkstrecken 95, 96 erfolgt selbstverständlich verschlüsselt und gegen Manipulation von außen gesichert.

Im gezeigten Beispiel erfolgt die Übertragung mittelbar über die vom Einsatzfahrzeug 9 ausgehende Funkstrecke 95 zunächst an eine zentrale Station 97, die beispielsweise vom Einsatzcomputer 90 oder von einem regional oder überregional zentralen Verkehrsleitreechner 1000 oder von einem beliebigen anderen Computer gebildet oder diesem funktional zugeordnet sein kann. Von dieser zentralen Station 97 wird ein Signal an einen mit der Station 97 funktional verbundenen Kontrollcomputer 98 übertragen, bei dem es sich beispielsweise um einen Flotteninformationscomputer oder Telematikcomputer handeln kann, dem das betreffende autonome Fahrzeug 110 zugeordnet und mit dem dieses autonome Fahrzeug 110 verbunden oder verbindbar ist.

Der Kontrollcomputer 98 übermittelt wiederum ein Signal über die Funkstrecke 96 an auf der prognostizierten Fahrtroute  $R$  fahrende autonome Fahrzeuge, zum Beispiel an das vorausfahrende autonome Fahrzeug 110, die dadurch über das Herannahen des Einsatzfahrzeugs 9 informiert werden. Das autonome Fahrzeug 110 wird daraufhin automatisch in einen priorisierten Fahrmodus umgeschaltet, in welchem es selbsttätig an den nächstgelegenen Fahrbahnrand fährt, wie es durch die symbolisierten Blinksignale 112', 114' der rechten Fahrtrichtungsanzeiger 112, 114 des autonomen Fahrzeugs 110 symbolisch dargestellt ist. Vorher haben Sensoren des autonomen Fahrzeugs 110 neben dem Fahrzeug 110 eine freie Fahrbahnbreite detektiert, die größer als eine vorgegebene, für die Durchfahrt von Einsatzfahrzeugen erforderliche Breite ist.

Eine solche Beeinflussung von autonomen Fahrzeugen kann grundsätzlich auch separat und unabhängig von der erfindungsgemäßen Beeinflussung von Wechsellichtzeichenanlagen erfolgen.

Es ist selbstverständlich, dass die Erfindung nicht auf eine Vorrangsteuerung für ein einzelnes Einsatzfahrzeug beschränkt ist, sondern auch für eine Mehrzahl von Einsatzfahrzeugen, beispielsweise einen Feuerwehr-Löschzug, einsetzbar ist. Ebenso selbstverständlich ist es, dass in einem Verkehrswegenetz, in dem eine Mehrzahl von Einsatzfahrzeugen mit Wegerecht zeitgleich unterwegs ist, Vorkehrungen getroffen sind, die verhindern, dass zwei aus unterschiedlichen Richtungen an eine Kreuzung oder eine Straßeneinmündung heranfahrende Einsatzfahrzeuge gleichzeitig in ihrer jeweiligen Fahrtrichtung eine grüne Ampel vorfinden.

Bezugszeichen in den Ansprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen dienen lediglich dem besseren Verständnis der Erfindung und sollen den Schutzzumfang nicht einschränken.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Beeinflussung einer Mehrzahl von Wechsellichtzeichenanlagen (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8; 2', 3', 4'; 143, 143', 144, 146, 146', 147, 147', 148, 148', 148", 148''') in einem Verkehrswegenetz (1; 1'), in dem zumindest ein Teil der Wechsellichtzeichenanlagen autonome Wechsellichtzeichenanlagen (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8; 2', 3'; 143, 143', 144, 146, 146', 147, 147', 148, 148', 148", 148''') sind, die nicht von einem zentralen Verkehrsleitreechner, sondern von lokalen Steuereinheiten (20, 30, 40, 50, 60, 70, 80) gesteuert werden, zum Zweck einer Vorrangsteuerung für zumindest ein Einsatzfahrzeug (9) mit Wegerecht, wobei die Beeinflussung zumindest der autonomen Wechsellichtzeichenanlagen (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8; 2', 3'; 143, 143', 144, 146, 146', 147, 147', 148, 148', 148", 148''') auf der Basis von aktuellen Positionsdaten und eines Fahrtrichtungsvektors (R') des Einsatzfahrzeugs (1) erfolgt, um dessen Fahrt auf einer prognostizierten Fahrtroute (R) zu beschleunigen, mit den Schritten:
  - a) Bereitstellen von Positionsdaten eines Fahrtziels (Z) für das zumindest eine Einsatzfahrzeug (9);
  - b) Bereitstellen der aktuellen Positionsdaten und der Daten des aktuellen Fahrtrichtungsvektors (R') des zumindest einen Einsatzfahrzeugs (9);
  - c) Bereitstellen von Topologieinformation über das Verkehrswegenetz (1; 1');
  - d) Bereitstellen von Information über im Verkehrswegenetz (1; 1') vorhandene autonome Wechsellichtzeichenanlagen;
  - e) Prognostizieren einer Fahrtroute für das zumindest eine Einsatzfahrzeug (9) von dessen aktueller Position zur Position des Fahrtziels (Z) unter Berücksichtigung der durch den Fahrtrichtungsvektor (R') repräsentierten, vom Fahrer des Einsatzfahrzeugs (9) gewählten Fahrtrichtung;
  - f) Beeinflussen der eine prognostizierte Fahrtrichtung (R) auf der prognostizierten Fahrtroute betreffenden autonomen Wechsellichtzeichenanlagen (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8; 2', 3'; 143, 143', 144,

146, 146', 147, 147', 148, 148', 148", 148''') derart, dass die jeweilige Wechsellichtzeichenanlage (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8; 2', 3'; 143, 143', 144, 146, 146', 147, 147', 148, 148', 148", 148''') vor oder bei der prognostizierten Ankunft des zumindest einen Einsatzfahrzeugs (9) den Verkehr in Richtung der prognostizierten Fahrtroute (R) freigibt,

**dadurch gekennzeichnet,**

dass zusätzlich zu der Beeinflussung der entlang der prognostizierten Fahrtroute (B) gelegenen autonomen Wechsellichtzeichenanlagen (143, 144, 146, 147, 148) in weiteren autonomen Wechsellichtzeichenanlagen (143', 146', 147', 148', 148'', 148''') in unmittelbarer Nähe oder in der unmittelbaren Umgebung der entlang der prognostizierten Fahrtroute (B) gelegenen autonomen Wechsellichtzeichenanlagen (143, 144, 146, 147, 148) ein Vorrangunterstützungsprogramm aktiviert wird, woraufhin die Vorrangsteuerung in einem Wirkungsbereich (143'', 147'') erfolgt, in dem nicht nur autonome Wechsellichtzeichenanlagen (143, 144, 146, 147, 148) an auf der prognostizierten Fahrtroute (B) voraus liegenden Kreuzungen (K3, K4, K5, K6, K7, K8, K9, K10) oder Straßeneinmündungen gemäß Schritt f) beeinflusst werden, sondern auch weitere autonome Wechsellichtzeichenanlagen (143', 146', 147', 148', 148'', 148''') an Kreuzungen (K30, K60, K61, K81) oder Straßeneinmündungen (K70, K80, K82), die in der Nähe oder in der Umgebung neben der vor dem Einsatzfahrzeug (9) gelegenen, die prognostizierte Fahrtrichtung (R'') auf der prognostizierten Fahrtroute (B) betreffenden autonomen Wechsellichtzeichenanlagen (143, 144, 146, 147, 148) gelegen sind, derart geschaltet werden, dass in einem Fahrkorridor für das zumindest eine Einsatzfahrzeug (9) auf der Fahrbahn der prognostizierten Fahrtroute (B) befindliche Fahrzeuge den Fahrkorridor verlassen können und keine Fahrzeuge in den Fahrkorridor hinein fahren können bis das zumindest eine Einsatzfahrzeug (9) diesen Ort erreicht.

2. Verfahren nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet,**

- dass die Beeinflussung der die prognostizierte Fahrtrichtung (R) auf der prognostizierten Fahrtroute betreffenden autonomen Wechsellichtzeichenanlagen (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8; 2', 3'; 143, 143', 144, 146, 146', 147, 147', 148, 148', 148", 148''') mit den folgenden Schritten erfolgt:
- g) Ermitteln der entlang der prognostizierten Fahrtroute (R) gelegenen autonomen Wechsellichtzeichenanlagen (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8; 2', 3'; 143, 143', 144, 146, 146', 147, 147', 148, 148', 148", 148''') und Erstellen eines Wechsellichtzeichenanlagen-Begegnungsplans für das Einsatzfahrzeug (9) entlang der prognostizierten Fahrtroute (R);
  - h) Übermitteln des Wechsellichtzeichenanlagen-Begegnungsplans sowie einer Vorranganforderungsbotschaft vom Einsatzfahrzeug (9) oder einer externen Übermittlungseinheit aus an eine auf der prognostizierten Fahrtroute (R) des Einsatzfahrzeugs (9) vorausgelegene nächste autonome Wechsellichtzeichenanlage (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8; 2', 3'; 143, 143', 144, 146, 146', 147, 147', 148, 148', 148", 148''') oder an eine dieser zugeordnete lokale Steuereinheit (20, 30, 40, 50, 60, 70, 80);
  - i) Aktivieren eines Vorrangprogramms für die Schaltung der nächsten vorausgelegenen autonomen Wechsellichtzeichenanlage (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8; 2', 3'; 143, 143', 144, 146, 146', 147, 147', 148, 148', 148", 148''') auf den Empfang der Vorranganforderungsbotschaft hin durch eine dieser nächsten vorausgelegenen autonomen Wechsellichtzeichenanlage (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8; 2', 3'; 143, 143', 144, 146, 146', 147, 147', 148, 148', 148", 148''') zugeordnete lokale Steuereinheit (20, 30, 40, 50, 60, 70, 80);
  - j) Übermitteln des Wechsellichtzeichenanlagen-Begegnungsplans und der Vorranganforderungsbotschaft von der nächsten vorausgelegenen autonomen Wechsellichtzeichenanlage (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8; 2', 3'; 143, 143', 144, 146, 146', 147, 147', 148, 148', 148", 148''') oder von der dieser zugeordneten lokalen Steuereinheit (20, 30, 40, 50, 60, 70, 80) an die entlang der prognostizierten Fahrtroute (R) folgende autonome Wechsellichtzeichenanlage (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8; 2', 3'; 143, 143', 144, 146,

146', 147, 147', 148, 148', 148", 148''') oder an die dieser zugeordnete lokale Steuereinheit (20, 30, 40, 50, 60, 70, 80) und

- k) Wiederholen der Schritte i) und j) mit der jeweils darauffolgenden autonomen Wechsellichtzeichenanlage (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8; 2', 3'; 143, 143', 144, 146, 146', 147, 147', 148, 148', 148", 148''').

3. Verfahren nach Anspruch 2,

**dadurch gekennzeichnet,**

- dass im Schritt g) zusätzlich zu den entlang der prognostizierten Fahrtroute (B) gelegenen autonomen Wechsellichtzeichenanlagen (143, 144, 146, 147, 148) weitere autonome Wechsellichtzeichenanlagen (143', 146', 147', 148', 148", 148''') in unmittelbarer Nähe oder in der unmittelbaren Umgebung der entlang der prognostizierten Fahrtroute (B) gelegenen autonomen Wechsellichtzeichenanlagen (143, 144, 146, 147, 148) ermittelt werden,
- dass im Schritt g) zusätzlich zum Wechsellichtzeichenanlagen-Begegnungsplan Wechsellichtzeichenanlagen-Umgebungspläne für die weiteren autonomen Wechsellichtzeichenanlagen (143', 146', 147', 148', 148", 148''') in der Umgebung der prognostizierten Fahrtroute (B) erstellt werden, die jeweils einer entlang der prognostizierten Fahrtroute (B) gelegenen autonomen Wechsellichtzeichenanlage (143, 144, 146, 147, 148) zugeordnet sind,
- dass in den Schritten h) und j) zusätzlich eine Vorrangunterstützungsbotschaft an die weiteren autonomen Wechsellichtzeichenanlagen (143', 146', 147', 148', 148", 148''') entsprechend des jeweils zutreffenden Wechsellichtzeichenanlagen-Umgebungsplans übermittelt wird und
- dass im Schritt i) zusätzlich für die Schaltung der weiteren autonomen Wechsellichtzeichenanlagen (143', 146', 147', 148', 148", 148''') das Vorrangunterstützungsprogramm aktiviert wird.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass die Aktivierung des Vorrangprogramms im Schritt i) unter Berücksichtigung eines voraussichtlichen Ankunftszeitpunktes des Einsatzfahrzeugs (9) an der nächsten vorausgelegenen autonomen Wechsellichtzeichenanlage (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8; 2', 3'; 143, 143', 144, 146, 146', 147, 147', 148, 148', 148", 148''') erfolgt.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass das Vorrangprogramm wieder deaktiviert wird, nachdem das Einsatzfahrzeug (9) die vom Vorrangprogramm gesteuerte autonome Wechsellichtzeichenanlage (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8; 2', 3'; 143, 143', 144, 146, 146', 147, 147', 148, 148', 148", 148''') passiert hat.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass im Schritt k) auch die Schritte g) und h) wiederholt werden, wobei im Schritt h) ein aktualisierter Wechsellichtzeichenanlagen-Begegnungsplan sowie eine aktualisierte Vorranganforderungsbotschaft übermittelt werden.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass bei einem auf der Grundlage der Topologieinformation über das Verkehrswegenetz (1; 1') und der prognostizierten Fahrtroute (R) festgestellten bevorstehenden Austreten des Einsatzfahrzeugs (9) aus einem Gebiet (I) des Verkehrswegenetzes (1') mit nicht von einem zentralen Verkehrsleitreechner gesteuerten, autonomen Wechsellichtzeichenanlagen (2', 3') und einem daraufhin bevorstehenden Eintreten des Einsatzfahrzeugs (9) in einen Bereich des Verkehrswegenetzes (1') mit von einem zentralen Verkehrsleitreechner (1000) gesteuerten Wechsellichtzeichenanlagen (4') die Positionsdaten des Fahrtziels (Z), die aktuellen Positionsdaten und die Daten

des aktuellen Fahrtrichtungsvektors (R') des zumindest einen Einsatzfahrzeugs (2) an den Verkehrsleitreechner (1000) übermittelt werden und dass die Vorrangsteuerung der entlang der prognostizierten Fahrtroute (R) folgenden Wechsellichtzeichenanlagen (4') vom zentralen Verkehrsleitreechner (1000) durchgeführt wird.

8. Verfahren einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass die Schaltung der Wechsellichtzeichenanlagen (143, 144, 146, 147, 148) in der prognostizierten Fahrtrichtung (B) auf der prognostizierten Fahrtroute derart erfolgt, dass Fahrzeuge des Gegenverkehrs und/oder des Querverkehrs oder im Fahrkorridor befindliche abbiegewillige Fahrzeuge den Fahrkorridor verlassen können, bevor das zumindest eine Einsatzfahrzeug (9) diesen Ort erreicht hat,  
und/oder  
dass die Schaltung der Wechsellichtzeichenanlagen (143, 144, 146, 147, 148) in der prognostizierten Fahrtrichtung (R") auf der prognostizierten Fahrtroute (B) derart erfolgt, dass Fahrzeuge des Querverkehrs oder des Abbiegeverkehrs nicht in den Fahrkorridor hinein fahren können, bis das zumindest eine Einsatzfahrzeug (9) diesen Ort passiert hat.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass die Flächenausdehnung des Wirkungsbereichs (143", 147") entlang der prognostizierten Fahrtroute (B) nicht statisch ist, sondern an die Straßentopologie entlang der prognostizierten Fahrtroute (B) und/oder an das aktuelle Verkehrsaufkommen angepasst ist.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass die Freigabe des Verkehrs in Richtung der prognostizierten Fahrtroute (R; B) in Abhängigkeit von der Verkehrsdichte auf der prognostizierten

Fahrtroute (R; B) so rechtzeitig vor der prognostizierten Ankunft des zumindest einen Einsatzfahrzeugs (9) an der jeweiligen die prognostizierte Fahrtrichtung (R") auf der prognostizierten Fahrtroute (R; B) betreffenden autonomen Wechsellichtzeichenanlage (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8; 2', 3'; 143, 143', 144, 146, 146', 147, 147', 148, 148', 148", 148''') erfolgt, dass sich im Fahrkorridor stehende Fahrzeuge in Bewegung setzen können und sich somit stehender Verkehr bei der Ankunft des zumindest einen Einsatzfahrzeugs (9) in fließenden Verkehr gewandelt hat.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass die autonomen Wechsellichtzeichenanlagen (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8; 2', 3'; 143, 143', 144, 146, 146', 147, 147', 148, 148', 148", 148''') entlang der prognostizierten Fahrtroute (R; B) derart geschaltet werden, dass an einer Straßeneinmündung, an der die prognostizierte Fahrtrichtung (R") der prognostizierten Fahrtroute (R, B) des zumindest einen Einsatzfahrzeugs (9) in eine einmündende Straße abknickt, Lichtzeichen für zu Fuß Gehende oder für Rad Fahrende zum Beispiel durch Anzeige von Rotlicht auf HALT geschaltet werden, so dass der Fußgängerverkehr und/oder der Fahrradverkehr über die einmündende Straße angehalten wird.
  
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass das Bereitstellen der aktuellen Positionsdaten und der Daten des aktuellen Fahrtrichtungsvektors (R') des zumindest einen Einsatzfahrzeugs (9) im Schritt b) auf einem Einsatzcomputer (94) im Einsatzfahrzeug (9), vorzugsweise einem mobilen Endgerät, erfolgt, den beispielsweise eine berechnete Person als Insasse des zumindest einen Einsatzfahrzeugs (9) mit sich führt, und dass diese Daten zusammen mit Authentifizierungsdaten des Einsatzfahrzeugs (9) oder dieser berechtigten Person Teil der Vorranganforderungsbotschaft sowie gegebenenfalls der Vorrangunterstützungsbotschaft sind.

13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass der Teilschritt des Prognostizierens der Fahrtroute für das zumindest eine Einsatzfahrzeug (9) auf dem Einsatzcomputer (94) mittels einer darauf laufenden Navigationssoftware durchgeführt wird und  
dass auf dem Einsatzcomputer (94) weiterhin der Teilschritt des Erstellens des Wechsellichtzeichenanlagen-Begegnungsplans auf der Basis dieser prognostizierten Fahrtroute (R; B) und einer Topologie- und Eigenschaftsinformation über die Wechsellichtzeichenanlagen des Verkehrswegenetzes (1; 1'), die in einem dem Einsatzcomputer (94) zugeordneten oder mit dem Einsatzcomputer (94) verbindbaren Datenspeicher abgelegt ist, durchgeführt wird.
14. System zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einem Verkehrswegenetz (1; 1'), das ein Gebiet (I) mit einer Mehrzahl von autonomen Wechsellichtzeichenanlagen (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8; 2', 3'; 143, 143', 144, 146, 146', 147, 147', 148, 148', 148", 148''') und ein Gebiet (II) mit von einem zentralen Verkehrsleitreechner (1000) gesteuerten Wechsellichtzeichenanlagen (4') aufweist, und zumindest einem sich in dem Verkehrswegenetz (1; 1') bewegendem Einsatzfahrzeug (9) mit Wegerecht, dessen Fahrt auf einer prognostizierten Fahrtroute (R; B) innerhalb des Verkehrswegenetzes (1; 1') mittels des Verfahrens beschleunigt werden soll,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass in dem zumindest einen Einsatzfahrzeug (9) ein Einsatzcomputer (94) vorgesehen ist, der vorzugsweise von einem tragbaren mobilen Endgerät gebildet ist und der mit einem Sender zur Datenübertragung funktional verbunden ist oder diesen aufweist,  
dass auf dem Einsatzcomputer ein Computerprogramm ablaufbar gespeichert ist, das zumindest den Schritt e) des erfindungsgemäßen Verfahrens ausführt,  
dass die jeweilige autonome Wechsellichtzeichenanlage (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8; 2', 3'; 143, 143', 144, 146, 146', 147, 147', 148, 148', 148", 148''') oder eine dieser

zugeordnete Steuereinheit (20, 30, 40, 50, 60, 70, 80) mit einer Sender-Empfänger-Einrichtung (29', 29"; 39', 39"; 49', 49"; 59', 59"; 69', 69"; 79', 79"; 89', 89") versehen oder funktional verbunden ist und dass in der jeweiligen Steuereinheit (20, 30, 40, 50, 60, 70, 80) ein Computerprogramm ablaufbar gespeichert ist, das die zugeordneten autonomen Wechsellichtzeichenanlagen (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8; 2', 3'; 143, 143', 144, 146, 146', 147, 147', 148, 148', 148", 148''') mit der Vorrangsteuerung beaufschlagt.

15. System nach Anspruch 14,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass der Einsatzcomputer (94) eine Datenspeichereinrichtung aufweist oder mit einer solchen zumindest zur Datenabfrage wirksam verbunden ist, in der Information über die autonomen Wechsellichtzeichenanlagen (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8; 2', 3'; 143, 143', 144, 146, 146', 147, 147', 148, 148', 148", 148''') des Verkehrswegenetzes (1; 1') gespeichert ist, und dass das auf dem Einsatzcomputer (94) ablaufbar gespeicherte Computerprogramm unter Verwendung dieser gespeicherten Daten den Schritt g) ausführt.
16. Computerprogrammprodukt zur Durchführung eines Verfahrens gemäß einem der Ansprüche 1 bis 13, umfassend
- ein erstes Computerprogramm, das den Schritt e) und vorzugsweise auch den Schritt g) ausführt sowie den Schritt h) auslöst und steuert und das auf einem einsatzfahrzeugseitigen Einsatzcomputer (94), vorzugsweise einem mobilen Endgerät, ablaufbar speicherbar ist,
  - ein zweites Computerprogramm, das den Schritt i) ausführt und den Schritt j) auslöst und steuert und das auf einem Steuercomputer (20, 30, 40, 50, 60, 70, 80) einer mit den Wechsellichtzeichen (21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28; 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38; 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48; 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58; 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78; 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88) einer

jeweiligen autonomen Wechsellichtzeichenanlage (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8; 2', 3'; 143, 143', 144, 146, 146', 147, 147', 148, 148', 148", 148''') funktional verbundenen Steuerungseinrichtung (20, 30, 40, 50, 60, 70, 80) ablaufbar speicherbar ist,

- wobei das erste Computerprogramm und das zweite Computerprogramm ausgebildet sind, um zum Zweck der Datenübertragung, vorzugsweise verschlüsselt über eine gegen Manipulation gesicherte Funkverbindung, miteinander zu kommunizieren und
- wobei das zweite Computerprogramm ausgebildet ist, um zum Zweck der Datenübertragung, vorzugsweise verschlüsselt über eine gegen Manipulation gesicherte Funkverbindung, mit einem weiteren zweiten Computerprogramm, das auf einem Steuercomputer (20, 30, 40, 50, 60, 70, 80) einer weiteren autonomen Wechsellichtzeichenanlage (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8; 2', 3'; 143, 143', 144, 146, 146', 147, 147', 148, 148', 148", 148''') läuft, zu kommunizieren.

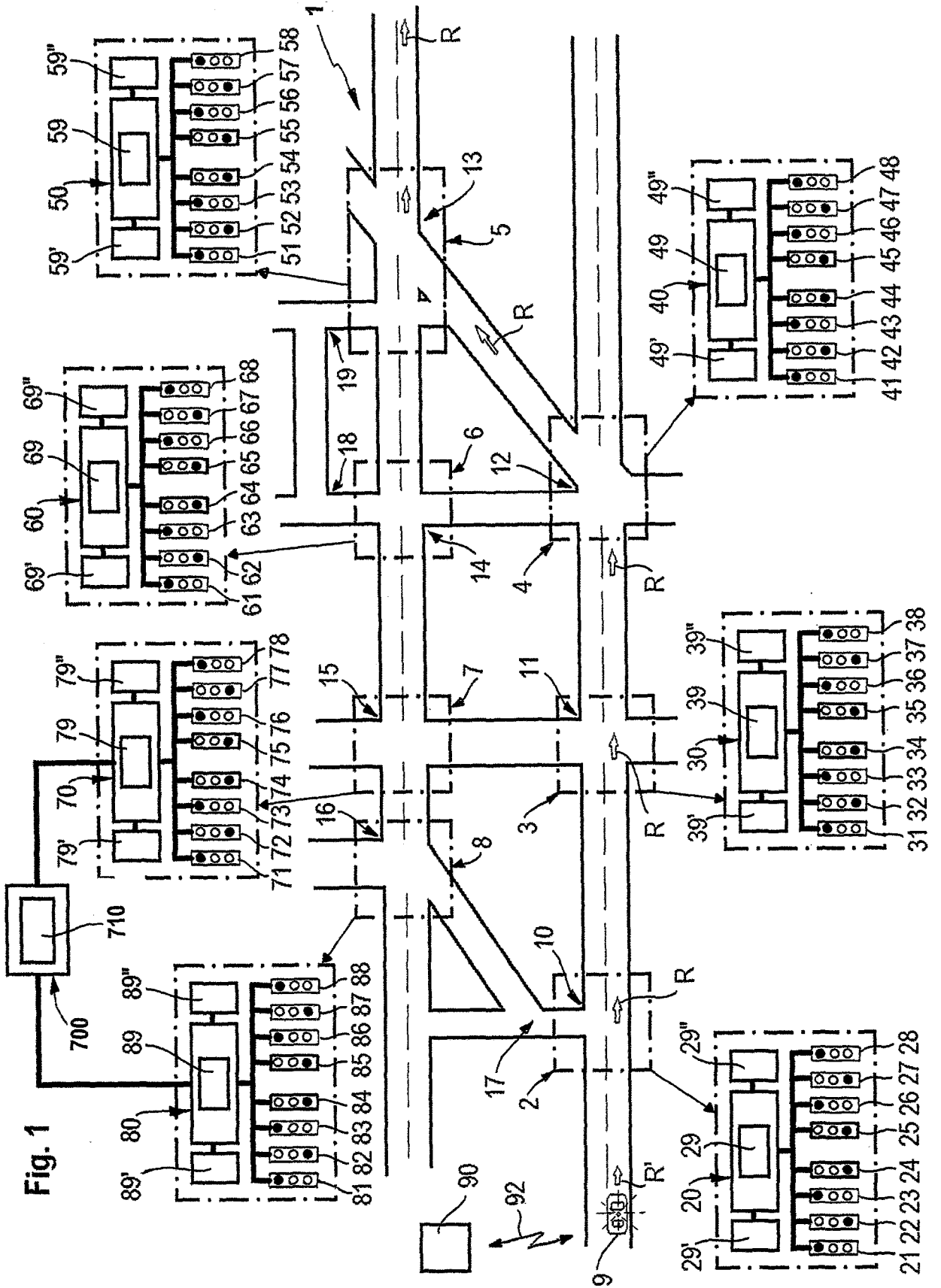


Fig. 2

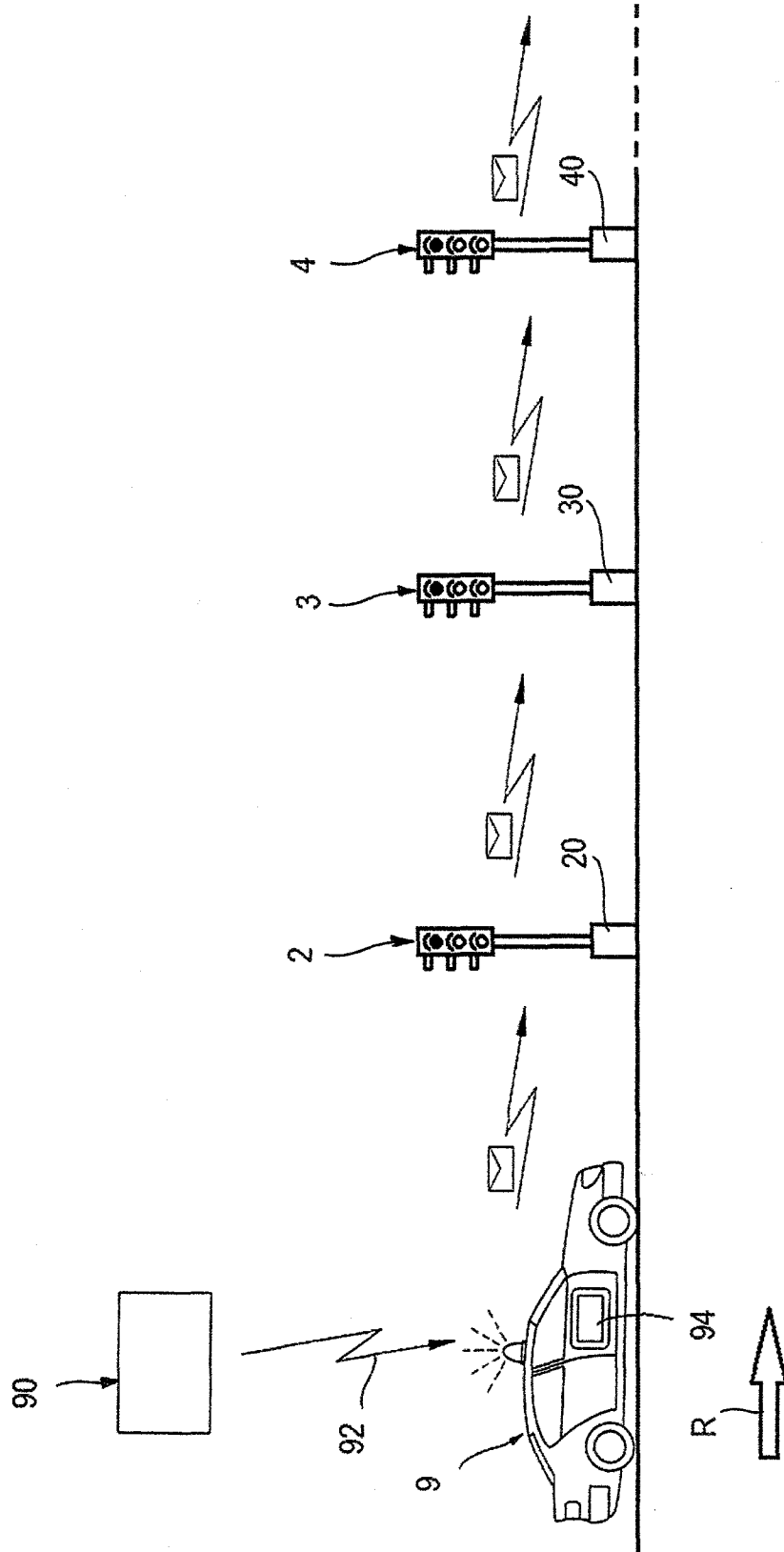




Fig. 3A

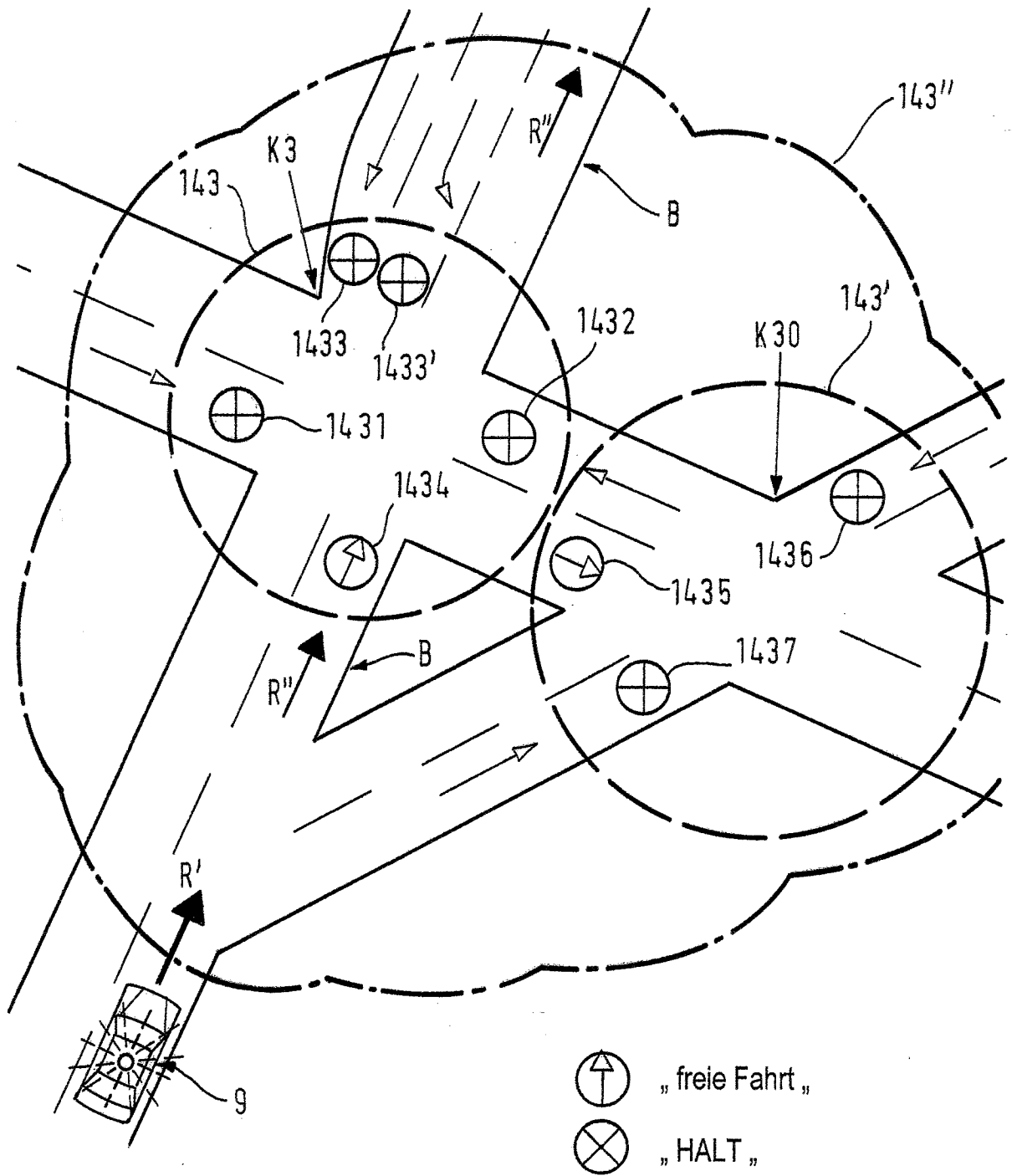
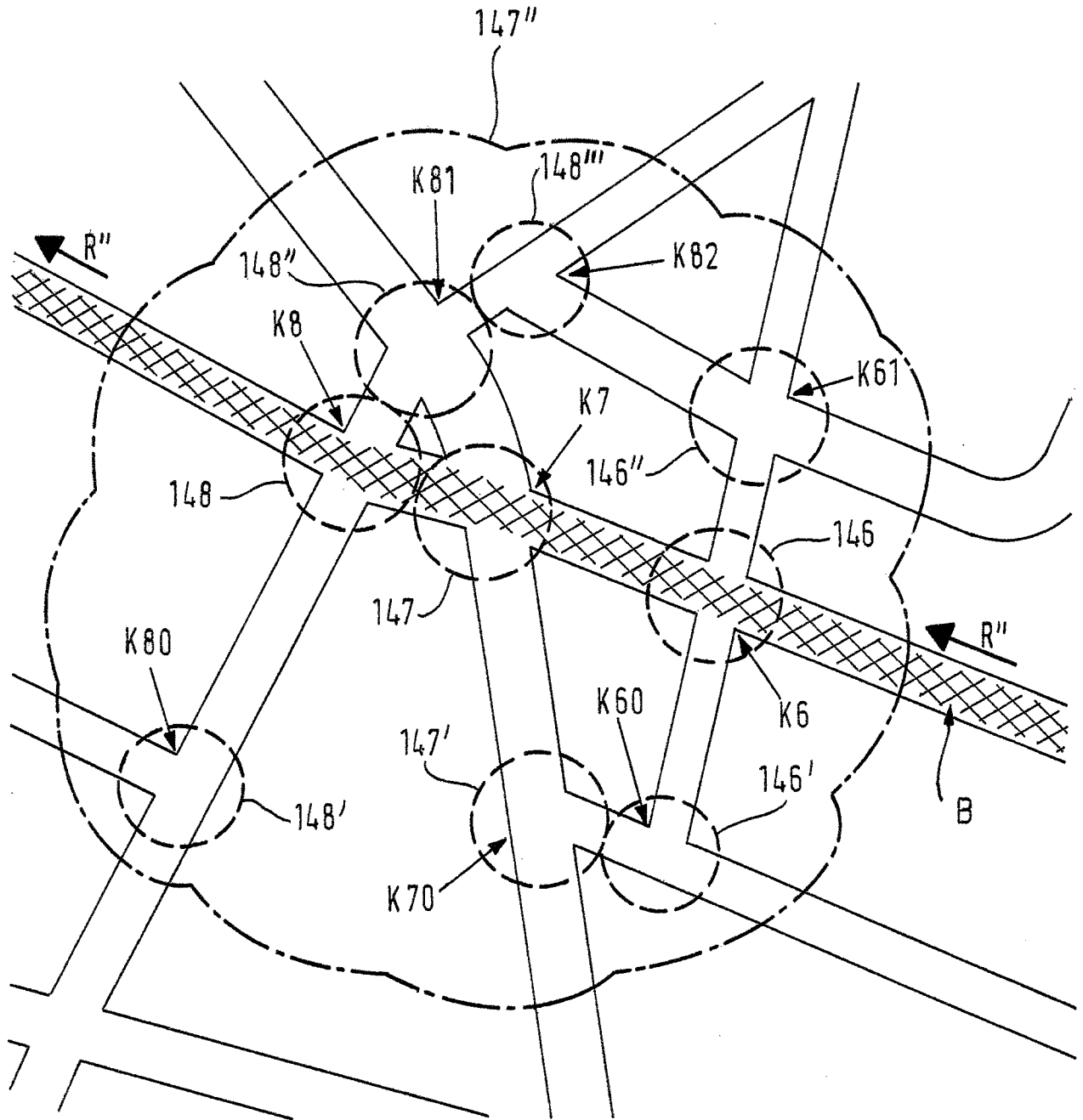


Fig. 3B



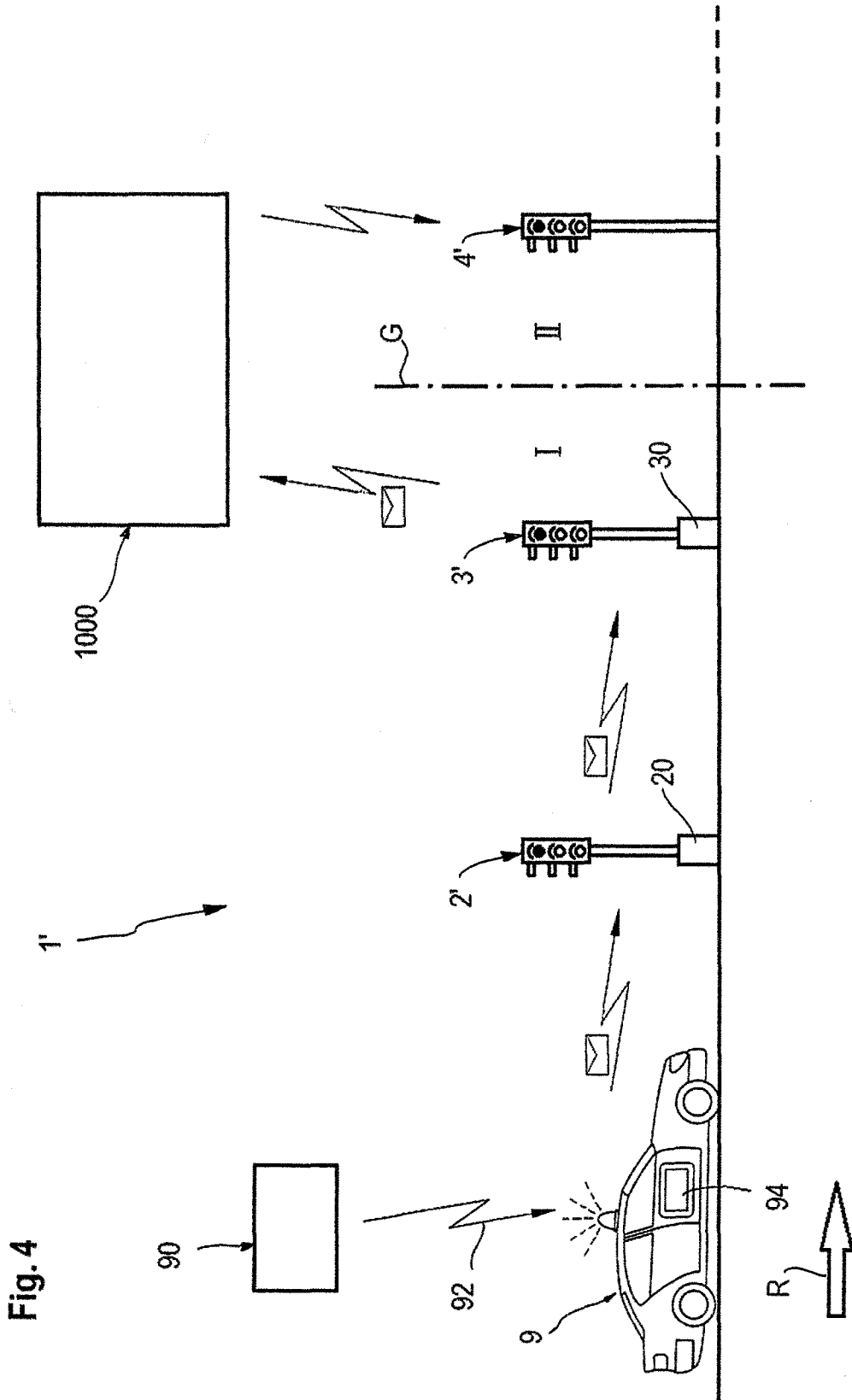
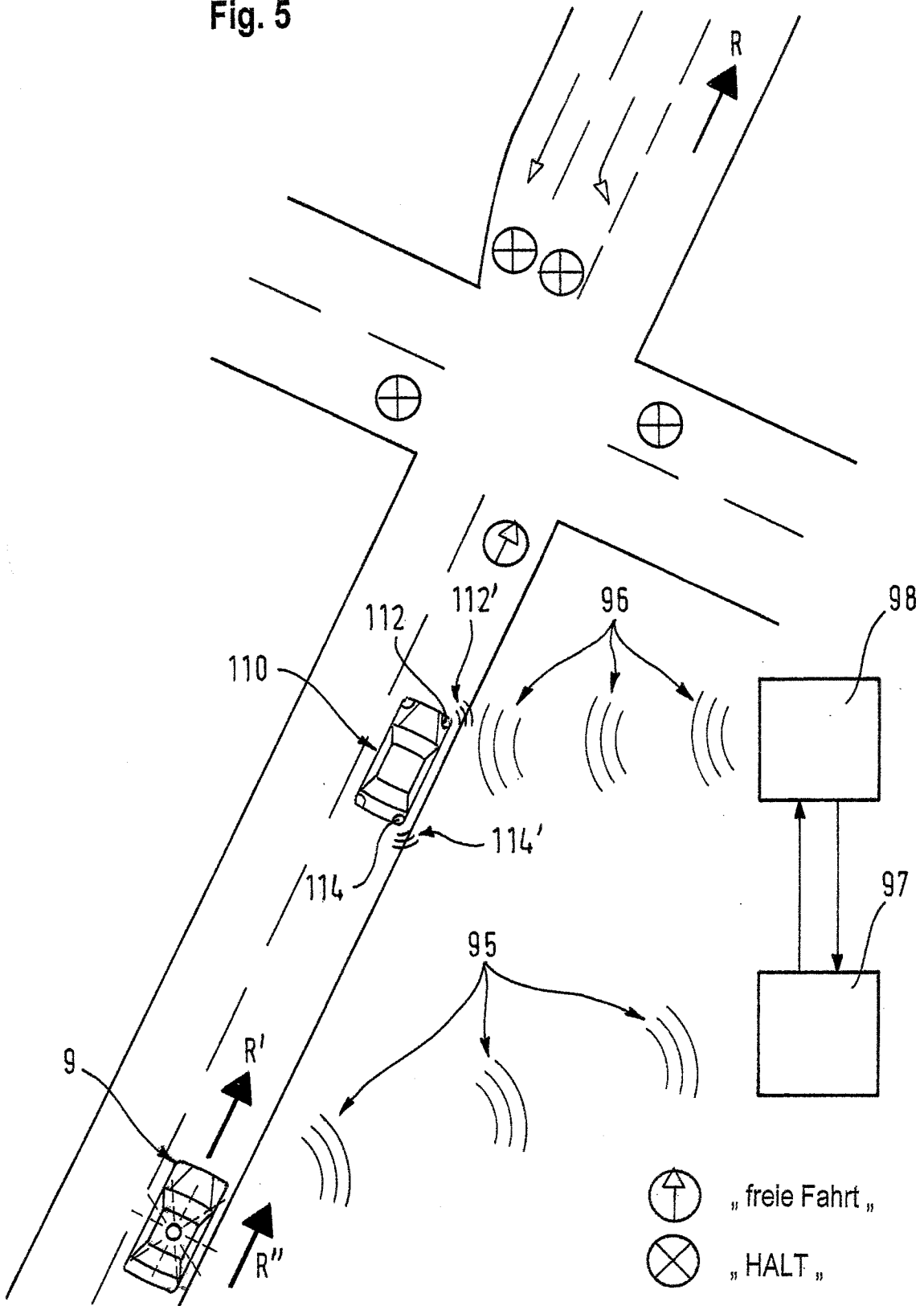


Fig. 5



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/074192

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
<i>G08G 1/01</i> (2006.01)i; <i>G08G 1/087</i> (2006.01)i; <i>G08G 1/16</i> (2006.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G08G		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	DE 102014114535 A1 (DEUTSCHES ZENTRUM FÜR LUFT UND RAUMFAHRT E V [DE]) 07 April 2016 (2016-04-07) cited in the application paragraphs [0001], [0009], [0014] - [0018], [0022] - [0026], [0029] - [0034], [0048], [0050], [0051], [0055] - [0059] figures 1-3	1-16
Y	DE 102016105558 B3 (TROSTEL LUDWIG [DE]; ZEPLIN WOLF PETER [DE]) 11 May 2017 (2017-05-11) cited in the application paragraphs [0001], [0003], [0012], [0014] - [0018], [0023] - [0025], [0027], [0028], [0030] - [0032], [0034], [0038] - [0041], [0048] paragraphs [0052] - [0054], [0058], [0060], [0061], [0063] - [0065], [0067] claims 1-12 figures 1,2,2A,2B	1-16
A	EP 2192565 A1 (SACS SAFE CROSSING SOLUTION K [DK]) 02 June 2010 (2010-06-02) paragraphs [0001], [0003], [0008] - [0011], [0019], [0022], [0023], [0026], [0027], [0034], [0035], [0044] - [0051], [0053] - [0055], [0071] figures 1,2	1-16
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search <b>05 December 2019</b>		Date of mailing of the international search report <b>16 December 2019</b>
Name and mailing address of the ISA/EP <b>European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands</b> Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer <b>Roxer, Adam</b> Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/EP2019/074192**

<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 102011107881 A1 (ASTRIUM GMBH [DE]) 24 January 2013 (2013-01-24) paragraphs [0001], [0004], [0011], [0012], [0023], [0027], [0028], [0031], [0033], [0034], [0036], [0040] figures 1,2	1-16
<hr/>		

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/EP2019/074192**

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
DE	102014114535	A1	07 April 2016	NONE	
DE	102016105558	B3	11 May 2017	DE 102016105558 B3	11 May 2017
				EP 3223257 A1	27 September 2017
EP	2192565	A1	02 June 2010	AT 447753 T	15 November 2009
				DK 1859426 T3	22 March 2010
				EP 1859426 A1	28 November 2007
				EP 2192565 A1	02 June 2010
				ES 2336138 T3	08 April 2010
				WO 2006090346 A1	31 August 2006
DE	102011107881	A1	24 January 2013	NONE	

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. G08G1/01 G08G1/087 G08G1/16 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) G08G		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	DE 10 2014 114535 A1 (DEUTSCHES ZENTRUM FÜR LUFT UND RAUMFAHRT E V [DE]) 7. April 2016 (2016-04-07) in der Anmeldung erwähnt Absätze [0001], [0009], [0014] - [0018], [0022] - [0026], [0029] - [0034], [0048], [0050], [0051], [0055] - [0059] Abbildungen 1-3 ----- -/--	1-16
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts	
5. Dezember 2019	16/12/2019	
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter  Roxer, Adam	

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	DE 10 2016 105558 B3 (TROSTEL LUDWIG [DE]; ZEPLIN WOLF PETER [DE]) 11. Mai 2017 (2017-05-11) in der Anmeldung erwähnt Absätze [0001], [0003], [0012], [0014] - [0018], [0023] - [0025], [0027], [0028], [0030] - [0032], [0034], [0038] - [0041], [0048] Absätze [0052] - [0054], [0058], [0060], [0061], [0063] - [0065], [0067] Ansprüche 1-12 Abbildungen 1,2,2A,2B -----	1-16
A	EP 2 192 565 A1 (SACS SAFE CROSSING SOLUTION K [DK]) 2. Juni 2010 (2010-06-02) Absätze [0001], [0003], [0008] - [0011], [0019], [0022], [0023], [0026], [0027], [0034], [0035], [0044] - [0051], [0053] - [0055], [0071] Abbildungen 1,2 -----	1-16
A	DE 10 2011 107881 A1 (ASTRIUM GMBH [DE]) 24. Januar 2013 (2013-01-24) Absätze [0001], [0004], [0011], [0012], [0023], [0027], [0028], [0031], [0033], [0034], [0036], [0040] Abbildungen 1,2 -----	1-16

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2019/074192

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102014114535 A1	07-04-2016	KEINE	
-----			
DE 102016105558 B3	11-05-2017	DE 102016105558 B3	11-05-2017
		EP 3223257 A1	27-09-2017
-----			
EP 2192565 A1	02-06-2010	AT 447753 T	15-11-2009
		DK 1859426 T3	22-03-2010
		EP 1859426 A1	28-11-2007
		EP 2192565 A1	02-06-2010
		ES 2336138 T3	08-04-2010
		WO 2006090346 A1	31-08-2006
-----			
DE 102011107881 A1	24-01-2013	KEINE	
-----			