

(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  
30. Dezember 2020 (30.12.2020)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 2020/259983 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:  
B61L 23/04 (2006.01) B61L 29/30 (2006.01)  
B61L 27/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2020/065659

(22) Internationales Anmeldedatum:  
05. Juni 2020 (05.06.2020)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2019 209 484.8  
28. Juni 2019 (28.06.2019) DE

(71) Anmelder: SIEMENS MOBILITY GMBH [DE/DE]; Otto-Hahn-Ring 6, 81739 München (DE).

(72) Erfinder: BRABAND, Jens; Dürerstr. 1, 38106 Braunschweig (DE).

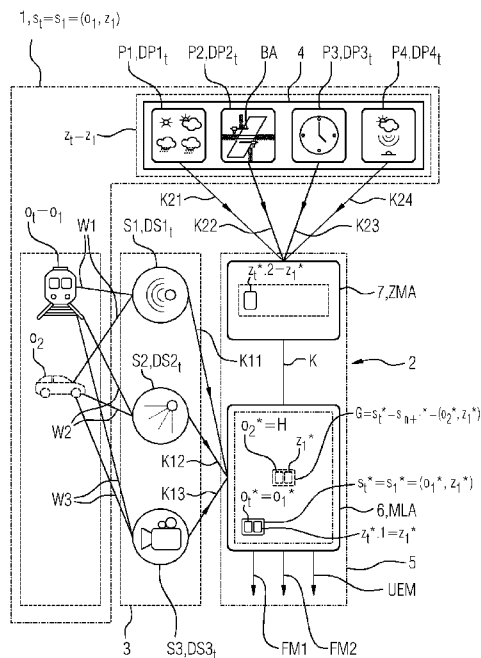
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, 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, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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,

(54) Title: SPACE-MONITORING METHOD AND SPACE-MONITORING SYSTEM FOR MONITORING A TRAFFIC SPACE

(54) Bezeichnung: RAUMÜBERWACHUNGSVERFAHREN UND RAUMÜBERWACHUNGSANLAGE ZUM ÜBERWACHEN EINES VERKEHRSRAUMES

FIG 2



(57) Abstract: The invention relates to a space-monitoring method for monitoring a traffic space (1), - in which an operating situation ( $s_t$ ) of the traffic space (1) is recognised accordingly as a predefined situation ( $S_T$ ) of the traffic space (1) when an operating situation result ( $s_t^*$ ) determined on the basis of first data ( $DS1_t, DS2_t, DS3_t$ ) relating to the operating situation ( $s_t$ ) corresponds to a predefined situation result ( $S_T^*$ ) determined for the predefined situation ( $S_T$ ), - the predefined situation result ( $S_T^*$ ) or a part of the predefined situation result ( $S_T^*$ ) being a combination of a predefined state result ( $z_T^*$ ) and a predefined object result ( $O_T^*$ ). According to the invention, to improve the reliability of the recognition of objects in the traffic space and the disclosure of errors, - in respect of the operating situation ( $s_t$ ) of the traffic space (1), the first data ( $DS1_t, DS2_t, DS3_t$ ) are used to determine a first operating state result ( $z_t^*.1$ ), and second data ( $DP1_t, DP2_t, DP3_t, DP4_t$ ) are used to determine a second operating state result ( $z_t^*.2$ ), and - the two operating state results ( $z_t^*.1, z_t^*.2$ ) are checked for correspondence. The invention also relates to a space-monitoring system, a computer program, and a device for providing the computer program.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Raumüberwachungsverfahren zum Überwachen eines Verkehrsraumes (1), - bei dem eine Betriebssituation ( $s_t$ ) des Verkehrsraumes (1) als einer vorgegebenen Situation ( $S_T$ ) des Verkehrsraumes (1) entsprechend erkannt wird, wenn ein anhand von ersten Daten ( $DS1_t, DS2_t, DS3_t$ ) zu der Betriebssituation ( $s_t$ ) ermitteltes Betriebssituationsergebnis ( $s_t^*$ ) einem zu der vorgegebenen Situation ( $S_T$ ) ermittelten vorgegebenen Situationsergebnis ( $S_T^*$ ) entspricht, - wobei das vorgegebene Situationsergebnis ( $S_T^*$ ) oder ein Teil des vorgegebenen Situationsergebnisses ( $S_T^*$ ) eine Kombination aus einem vorgegebenen Zustandsergebnis ( $z_T^*$ ) und einem vorgegebenen Objektergebnis ( $O_T^*$ ) ist. Um die Zuverlässigkeit des Erkennens von Objekten im Verkehrsraum und die Offenbarung von

WO 2020/259983 A1

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).

**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

---

Fehlern zu verbessern ist vorgesehen, dass - hinsichtlich der Betriebssituation ( $s_t$ ) des Verkehrsraumes (1) anhand der ersten Daten ( $DS1_t, DS2_t, DS3_t$ ) ein erstes Betriebszustandsergebnis ( $z_t^{*.1}$ ) und anhand von zweiten Daten ( $DP1_t, DP2_t, DP3_t, DP4_t$ ) ein zweites Betriebszustandsergebnis ( $z_t^{*.2}$ ) ermittelt werden und - die beiden Betriebszustandsergebnisse ( $z_t^{*.1}, z_t^{*.2}$ ) auf Übereinstimmung überprüft werden. Die Erfindung betrifft auch eine Raumüberwachungsanlage, ein Computerprogramm sowie eine Bereitstellungseinrichtung für das Computerprogramm.

## Beschreibung

Raumüberwachungsverfahren und Raumüberwachungsanlage zum Überwachen eines Verkehrsraumes

5

Es ist bekannt, dass Bahnübergänge, insbesondere Bahnübergänge mit Voll-Schranken, oder Bahnsteige von Personal oder mittels teurer Radarscannern, welche eine Sicherheitszulassung SIL3 benötigen, überwacht werden. Bei einfacheren Betriebs-  
10 verhältnissen von Bahnübergängen sind auch andere Lösungen, beispielsweise ein zeitgesteuertes Schließen nach Warnhinweis (bekannt als sogenannte „Anrufschranke“) zulässig.

Verkehrsräumen, wie Bahnübergängen und Bahnsteigen ist gemein,  
15 dass deren Situationen insbesondere durch vorhandene Objekte und vorherrschende Zustände (Erscheinungen) charakterisiert sind.

Die Erfindung betrifft ein Raumüberwachungsverfahren zum  
20 Überwachen eines Verkehrsraumes, bei dem eine Betriebssituation des Verkehrsraumes als einer vorgegebenen Situation des Verkehrsraumes entsprechend erkannt wird, wenn ein anhand von ersten Daten zu der Betriebssituation ermitteltes Betriebssituationsergebnis einem zu der vorgegebenen Situation ermittelten vorgegebenen Situationsergebnis entspricht, wobei das  
25 vorgegebenen Situationsergebnis oder ein Teil des vorgegebenen Situationsergebnisses eine Kombination aus einem vorgegebenen Zustandsergebnis und einem vorgegebenen Objektergebnis ist.

30

Ein derartiges Raumüberwachungsverfahren ist aus der Druckschrift DE 103 41 426 A1 bekannt. Bei diesem ist vorgesehen, über eine Klassifikation die Art der aktuellen Situation - also der Betriebssituation - zu detektieren. Als Objekte werden dabei insbesondere alle im Verkehrsraum vorkommenden Dinge,  
35 wie beispielsweise jeder Zug, jede Person, Tier, Gepäckstücke und auch sonstige Gegenstände, sofern sie bewegt werden oder sich aus irgendeinem Grund bewegen, angesehen. Er-

scheinungen - also Zustände - sollen dabei in Zusammenhang mit dem Verkehrsraum ablaufenden Vorgängen stehen können. Zu ihnen sollen beispielsweise Licht- und Witterungsverhältnisse zählen.

5

Weiterhin ist aus der Druckschrift DE 10 2017 126 553 A1 ein Verfahren zum Betreiben eines Erfassungssystems bekannt, wobei das Erfassungssystem zum Klassifizieren eines Objektes dient. Bei diesem bekannten Verfahren wird von einem externen  
10 Gerät zumindest ein Wert an das Erfassungssystem übermittelt, wobei es sich bei dem zumindest einen Wert beispielsweise um einen aktuellen Wochentag oder eine aktuelle Jahreszeit oder eine aktuelle Uhrzeit oder aktuelle Wetterdaten handelt.

15 Ausgehend einem gattungsgemäßen bekannten Verfahren (DE 103 41 426 A1) liegt der Erfindung die Aufgabe zu Grunde, die Zuverlässigkeit des Erkennens von Objekten im Verkehrsraum und die Offenbarung von Fehlern, welche beispielsweise infolge von Ausfällen einer für die Ausführung des Verfahrens zum  
20 Einsatz kommenden Raumüberwachungsanlage auftreten können, zu verbessern.

Gelöst wird diese Aufgabe mit dem erfindungsgemäßen Verfahren nach Anspruch 1, bei dem hinsichtlich der Betriebssituation  
25 des Verkehrsraumes anhand der ersten Daten ein erstes Betriebszustandsergebnis und anhand von zweiten Daten ein zweites Betriebszustandsergebnis ermittelt werden und die beiden Betriebszustandsergebnisse auf Übereinstimmung überprüft werden.

30

Vorteilhafte Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens sind Gegenstand der Unteransprüche 2 bis 7.

Vorzugsweise wird hinsichtlich der Betriebssituation des Verkehrsraumes anhand der ersten Daten ein Objektergebnis ermittelt, welches in Kombination mit dem ersten Betriebszustandsergebnis das Betriebssituationsergebnis oder einen Teil des  
35 Betriebssituationsergebnisses bildet.

Es wird insbesondere als vorteilhaft angesehen, wenn eine Fehlermeldung ausgegeben wird, wenn die beiden Betriebszustandsergebnisse nicht übereinstimmen.

5 Es wird auch als vorteilhaft angesehen, wenn eine weitere Fehlermeldung ausgegeben wird, wenn einerseits das erste Betriebszustandsergebnis einer vorgegebenen Betriebsart des Verkehrsraumes entspricht, bei deren Vorliegen zumindest ein ausgewähltes Objekt in dem Verkehrsraum zu erwarten ist, und  
10 wenn andererseits in einem vorgegebenen Zeitintervall nach der Ermittlung des ersten Betriebszustandsergebnisses kein vorgegebenes Objektergebnis bestimmt wird, welches dem erwarteten Objekt entspricht.

15 Außerdem wird auch als vorteilhaft angesehen, wenn eine Überwachungsmeldung ausgegeben wird, wenn die beiden Betriebszustandsergebnisse übereinstimmen, wenn außerdem das zu der Betriebssituation ermittelte Betriebssituationsergebnis dem zu der vorgegebenen Situation ermittelten vorgegebenen Situationsergebnis entspricht und wenn das vorgegebenen Situationsergebnis als Gefahr vorgegeben ist.  
20

Von Vorteil ist es, wenn ein Computersystem einer Raumüberwachungsanlage, insbesondere ein erster Computer des Computersystems, die ersten Daten von einer Sensoreinrichtung empfängt und das erste Betriebszustandsergebnis und das Objektergebnis mittels eines Maschinen-Lern-Algorithmus ermittelt.  
25

Außerdem ist es von Vorteil, wenn das Computersystem, insbesondere ein zweiter Computer des Computersystems, die zweiten Daten von einer Zustandsparameterdaten-Bereitstellungseinrichtung empfängt und das zweite Betriebszustandsergebnis mittels eines Zustandsmodell-Algorithmus oder mittels eines weiteren Maschinen-Lern-Algorithmus ermittelt.  
30

35

Die obige Aufgabe wird nach einem zweiten Aspekt durch eine Raumüberwachungsanlage nach Anspruch 8 gelöst.

Eine derartige Raumüberwachungsanlage ist zum Ausführen des Verfahrens nach Anspruch 1 eingerichtet. Es handelt sich hierbei um eine Raumüberwachungsanlage zum Überwachen eines Verkehrsraumes, mit einem Computersystem,  
5 welches eingerichtet ist, eine Betriebssituation des Verkehrsraumes als einer vorgegebenen Situation des Verkehrsraumes entsprechend zu erkennen, wenn ein anhand von ersten Daten zu der Betriebssituation ermitteltes Betriebssituationsergebnis einem zu der vorgegebenen Situation ermittelten vorgegebenen Situationsergebnis entspricht, wobei das vorgegebene Situationsergebnis oder ein Teil des vorgegebenen Situationsergebnisses eine Kombination aus einem vorgegebenen Zustandsergebnis und einem vorgegebenen Objektergebnis ist, und welches außerdem eingerichtet ist, hinsichtlich der Betriebssituation des Verkehrsraumes anhand der ersten Daten ein erstes Betriebszustandsergebnis und anhand von zweiten Daten ein zweites Betriebszustandsergebnis zu ermitteln und die beiden Betriebszustandsergebnisse auf Übereinstimmung zu überprüfen.  
10  
15  
20 Das Computersystem ist insbesondere eingerichtet, hinsichtlich der Betriebssituation des Verkehrsraumes anhand der ersten Daten ein Objektergebnis zu ermitteln, welches in Kombination mit dem ersten Betriebszustandsergebnis das Betriebssituationsergebnis oder einen Teil des Betriebssituationsergebnisses bildet.  
25

Vorzugsweise ist das Computersystem eingerichtet, eine Fehlermeldung auszugeben, wenn die beiden Betriebszustandsergebnisse nicht übereinstimmen.  
30

Außerdem ist das Computersystem vorzugsweise eingerichtet, eine weitere Fehlermeldung auszugeben, wenn einerseits das erste Betriebszustandsergebnis einer vorgegebenen Betriebsart des Verkehrsraumes entspricht, bei deren Vorliegen zumindest ein ausgewähltes Objekt in dem Verkehrsraum zu erwarten ist, und wenn andererseits in einem vorgegebenen Zeitintervall nach der Ermittlung des ersten Betriebszustandsergebnisses  
35

kein vorgegebenes Objektergebnis bestimmt wird, welches dem erwarteten Objekt entspricht.

Darüber hinaus ist das Computersystem vorzugsweise eingerichtet eine Überwachungsmeldung auszugeben, wenn die beiden Betriebszustandsergebnisse übereinstimmen und wenn außerdem das zu der Betriebssituation ermittelte Betriebssituationsergebnis dem zu der vorgegebenen Situation ermittelten vorgegebenen Situationsergebnis entspricht.

10

Es kann mit Vorteil vorgesehen sein, dass das Computersystem, insbesondere ein erster Computer des Computersystems, eingerichtet ist, die ersten Daten von einer Sensoreinrichtung zu empfangen und das erste Betriebszustandsergebnis und das Objektergebnis mittels eines Maschinen-Lern-Algorithmus zu ermitteln.

15

Es kann auch mit Vorteil vorgesehen sein, dass das Computersystem, insbesondere ein zweiter Computer des Computersystems, eingerichtet ist, die zweiten Daten von einer Zustandsparameterdaten-Bereitstellungseinrichtung zu empfangen und das zweite Betriebszustandsergebnis mittels eines Zustandsmodell-Algorithmus oder mittels eines weiteren Maschinen-Lern-Algorithmus zu ermitteln.

25

Die Erfindung betrifft auch ein Computerprogramm mit Programmbefehlen, die bei der Ausführung des Computerprogramms durch ein Computersystem dieses veranlassen, die Schritte des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7 auszuführen sowie eine Bereitstellungseinrichtung für dieses Computerprogramm, welches das Computerprogramm speichert und/oder bereitstellt.

30

Die Erfindung wird im Weiteren anhand der Figuren 1 und 2 näher erläutert. Dabei zeigt die

35

Figur 1 ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Raumüberwachungsanlage während einer Trainingsphase und die

Figur 2 das eine Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Raumüberwachungsanlage während einer Betriebsphase.

Die Figur 1 zeigt einen Verkehrsraum 1 sowie eine erfindungsgemäße Raumüberwachungsanlage 2, welche den Verkehrsraum 1 überwacht.

Der Verkehrsraum 1 ist hier ein fester Bereich, dessen Situation durch einen jeweiligen vorherrschenden Zustand und durch das Vorhandensein eines Objektes oder mehrerer Objekte charakterisiert ist.

Die Raumüberwachungsanlage 2 weist eine Sensoreinrichtung 3, eine Zustandsparameterdaten-Bereitstellungseinrichtung 4 und ein Computersystem 5 auf.

Die Sensoreinrichtung 3 umfasst zumindest eine Sensoreinheit. Bei dem hier gezeigten Ausführungsbeispiel umfasst die Sensoreinheit beispielhaft drei Sensoreinheiten S1, S2 und S3 auf.

Die Zustandsparameterdaten-Bereitstellungseinrichtung 4 umfasst zumindest eine Einheit. Bei dem hier gezeigten Ausführungsbeispiel umfasst die Zustandsparameterdaten-Bereitstellungseinrichtung 4 beispielhaft vier Einheiten P1, P2, P3 und P4 auf.

Das Computersystem 5 weist hier beispielhaft einen ersten Computer 6 und einen zweiten Computer 7 auf, die über einen Kommunikationspfad K verbunden sind.

Außerdem weist das Computersystem 5 eine hier nicht weiter gezeigte Bereitstellungseinrichtung auf, welche ein Computerprogramm speichert. Bei dem Computerprogramm handelt es sich um ein Computerprogramm mit Programmbefehlen, die bei der Ausführung des Computerprogramms durch das Computersystem 5 dieses veranlassen, die Schritte des nachfolgend im Detail beschriebenen erfindungsgemäßen Verfahrens auszuführen.

Das Computerprogramm weist zwei Programmteile auf. Ein erstes der Programmteile ist ein Maschinen-Lern-Algorithmus MLA, welcher durch den ersten Computer 6 ausgeführt wird. Das zweite Programmteil ist ein Zustandsmodell-Algorithmus ZMA.

5

Die Sensoreinheiten S1, S2 und S3 sind eingerichtet, über geeignete Wirkmechanismen W1, W2 und W3 Messungen hinsichtlich des Verkehrsraumes 1 durchführen und die Ergebnisse ihrer Messungen in Form erster Daten (Sensordaten) DS1<sub>T</sub>, DS2<sub>T</sub>, DS3<sub>T</sub> über geeignete Kommunikationspfade K11, K12, K13 an den ersten Computer 6 des Computersystems auszugeben. Da die Figur 1 eine Trainingsphase darstellt ist, wird in der Figur 1 das Indize „T“ verwendet.

15 In dem Verkehrsraum 1 können sich verschiedene Objekte befinden, von denen einige für den Betrieb der Verkehrsraumes besonders relevant sind und auf deren Vorhandensein im Verkehrsraum der Verkehrsraum überwacht werden muss. Das Erkennen dieser Objekte wird - wie im Weiteren noch beschrieben -  
20 in einer Trainingsphase erlernt.

Real können sich in dem Verkehrsraum 1 eine Vielzahl verschiedener Objekte befinden.

25 Wie hier dargestellt ist ein erstes Objekt o<sub>1</sub> beispielhaft ein Zug. Ein zweites Objekt o<sub>2</sub> ist beispielhaft ein Fahrzeug. Ein drittes Objekt o<sub>3</sub> ist beispielhaft eine Person und ein m-tes Objekt o<sub>m</sub> ist beispielhaft ein Baum, der sich in seinem Äußeren durch Wachstum und Wetterverhältnisse verändern kann.

30

Die Menge dieser Objekte ist hier mit  $O_T = \{o_T | o_T = o_1 \text{ oder } o_T = o_2 \dots \text{ oder } o_T = o_m\}$  bezeichnet und bildet zugleich eine Menge vorgegebener Objekte bzw. eine Menge von Trainingsobjekten.

35 Die Sensoreinheiten S1, S2 und S3 sind kommerziell verfügbare Sensoreinheiten. So ist die Sensoreinheiten S1 eine Radar-Sensoreinheit. Die Sensoreinheiten S2 ist eine Lidar-

Sensoreinheit und Sensoreinheiten S3 eine Kamera-Sensoreinheit.

Die Einheiten P1, P2, P3 und P4 sind eingerichtet, über geeignete weitere Kommunikationspfade K21, K22, K23, K24 an den zweiten Computer 7 des Computersystems 5 zweite Daten (Zustandsparameterdaten) auszugeben.

Die hier mit P1 bezeichnete erste Einheit stellt beispielhaft Parameterdaten zum aktuellen Wetter im Verkehrsraum 1 bereit (Wetter, z. B. bereitgestellt durch einen Wetterdienst). Mit ihren Parameterdaten gibt sie also beispielsweise an, ob es sonnig ist, oder ob es bedeckt ist, oder ob es regnet, oder ob es schneit.

15

Die hier mit P2 bezeichnete zweite Einheit stellt beispielhaft Parameterdaten zur aktuellen Betriebsart des Verkehrsraumes 1 bereit. Ist der Verkehrsraum 1 beispielsweise - wie hier gezeigt - ein beschränkter Bahnübergang, dann gibt die zweite Einheit mit ihren Parameterdaten beispielsweise an, ob der Bahnübergang gerade gesichert ist (vgl. BA in Figur 2), also ob die Schranken geschlossen sind, oder ob er gerade nicht gesichert ist, also die Schranken gerade offen sind.

25 Die hier mit P3 bezeichnete dritte Einheit stellt beispielhaft Parameterdaten zum aktuellen Tagesabschnitt bereit. Mit ihren Parameterdaten gibt sie also beispielsweise an, ob es gerade Tag (tagsüber) oder Nacht (nachtsüber) ist.

30 Die hier mit P4 bezeichnete vierte Einheit stellt beispielhaft Parameterdaten zu den aktuellen Lichtverhältnissen (beispielsweise bereitgestellt von einem Helligkeitssensor) im Verkehrsraum 1 bereit. Mit ihren Parameterdaten gibt sie also beispielsweise an, ob es gerade hell oder dunkel ist.

35

Hinsichtlich der Parameter, welche durch die Einheiten P1 bis P4 erfasst und dann als die Parameterdaten bereitgestellt werden, kann sich der Verkehrsraum 1 also n verschiedenen Zu-

ständen befinden. Die Menge dieser Zustände ist hier mit  $Z_T = \{z_T \mid z_T = z_1 \text{ oder } z_T = z_2 \dots \text{ oder } z_T = z_n\}$  bezeichnet und bildet zugleich eine Menge vorgegebener Zustände bzw. eine Menge von Trainingszuständen.

5

Ein erster Zustand ist dabei beispielsweise:  $z_T = z_1 = (\text{sonnig, gesichert, tagsüber, hell})$ .

10

Ein zweiter Zustand ist beispielsweise:  $z_T = z_2 = (\text{bedeckt, gesichert, tagsüber, hell})$ . Ein n-ter Zustand ist beispielsweise:  $z_T = z_n = (\text{es schneit, ungesichert, nachtsüber, dunkel})$ .

15

Der zweite Computer 7 des Computersystems 5 empfängt die zweiten Daten  $DP_{1T}$ ,  $DP_{2T}$ ,  $DP_{3T}$  von der Zustandsparameterdaten-Bereitstellungseinrichtung 4 und ermittelt zu der Menge  $Z_T = \{z_T \mid z_T = z_1 \text{ oder } z_T = z_2 \dots \text{ oder } z_T = z_n\}$  eine Menge vorgegebenen Zustandsergebnisse  $Z_T^* = \{z_T^* \mid z_T^* = z_1^* \text{ oder } z_T^* = z_2^* \dots \text{ oder } z_T^* = z_n^*\}$  mittels des Zustandsmodell-Algorithmus ZMA.

20

Der zweite Computer (beispielsweise ein Zustandsübergangsautomat) erzeugt also mit der Menge  $Z_T^* = \{z_T^* \mid z_T^* = z_1^* \text{ oder } z_T^* = z_2^* \dots \text{ oder } z_T^* = z_n^*\}$  Einschätzungen des Überwachungsraumes, welcher die endlich vielen Zustände  $Z_T = \{z_T \mid z_T = z_1 \text{ oder } z_T = z_2 \dots \text{ oder } z_T = z_n\}$  einnehmen kann.

25

Der erste Computer 6 des Computersystems 5 empfängt die ersten Daten  $DS_{1T}$ ,  $DS_{2T}$ ,  $DS_{3T}$  von der Sensoreinrichtung 3 und die die zweiten Daten  $DP_{1T}$ ,  $DP_{2T}$ ,  $DP_{3T}$  von der Zustandsparameterdaten-Bereitstellungseinrichtung 4.

30

Aus der Menge  $O_T$  von vorgegebener Objekte (Trainingsobjekten) und der Menge  $Z_T$  von vorgegebenen Zuständen (Trainingszuständen) ergibt sich eine Menge vorgegebener Situationen (Trainingssituationen), welche hier mit  $S_T = \{s_T \mid s_T = s_1 \text{ oder } s_T = s_2 \dots \text{ oder } s_T = s_x\}$  bezeichnet ist. Einige dieser vorgegebenen Situationen sind gefährlich. So ist beispielsweise eine vorgegebene Situation, bei der sich bei geschlossenen Schranken eine Person oder ein Fahrzeug zwischen den Schranken befindet, ge-

35

fährlich. Das Situationsergebnis zu dieser Situation ist daher in geeigneter Weise als Gefahr  $G$  vorgegeben bzw. kategorisiert (vgl. Figur 2).

5 Der Maschinen-Lern-Algorithmus MLA wird in der Trainingsphase solange trainiert, bis er aus der Menge von vorgegebenen Situa-  
tionen (Trainingssituationen) jede einzelne zuverlässig  
erkennt, also zu jeder einzelnen vorgegebenen Situation (zu  
jeder einzelnen der verschiedenen Kombinationen ( $o_T, s_T$ ) aus  
10 einem der Trainingsobjekte und einem der Trainingszustände)  
das jeweils passende, also richtige, vorgegebene Situations-  
ergebnisse ermittelt.

Der Maschinen-Lern-Algorithmus MLA wird also für jeden vorge-  
15 gegebenen Zustand  $z_T$  separat trainiert, bis eine geforderte Zu-  
verlässigkeit auf den Trainingsdaten erzielt wird, wobei der  
Zustand, der zu den jeweiligen Trainingsdaten gehört, mit in  
die Einschätzung des Maschinen-Lern-Algorithmus MLA aufge-  
nommen wird; der ML-Algorithmus also im Ergebnis der Trai-  
20 ningsphase in der Lage ist, eine vorgegeben Situation als  
Kombination aus einem vorgegebenen Objekt  $o_T$  und einem vorge-  
gebenen Zustand  $z_T$  zu erkennen.

Außerdem erkennt der zweite Computer, ob die erkannte Situa-  
25 tion eine Gefahr ist. Ob also beispielsweise das erkannte Ob-  
jekt in Kombination mit dem erkannten Zustand ein Hindernis  $H$   
darstellt.

Die Figur 2 zeigt den Verkehrsraum 1 mit der Raumüberwa-  
30 chungsanlage 2 in einer Betriebsphase. Die Betriebsphase ist  
durch das Indize „t“ verdeutlicht.

Um in der Betriebsphase die Zuverlässigkeit des Erkennens der  
vorgegebenen Situationen nachweisen zu können, werden in der  
35 Betriebsphase der Raumüberwachungsanlage 2 die im Folgenden  
beschrieben Verfahrensschritte ausgeführt.

Während der Betriebsphase des Verkehrsraumes 1 wird zunächst hinsichtlich einer in der Betriebsphase vorliegenden Betriebs-situation  $s_t$  des Verkehrsraumes 1 anhand der ersten Daten  $DS1_t$ ,  $DS2_t$ ,  $DS3_t$  ein erstes Betriebszustandsergebnis  $z_t^*.1$  und anhand der zweiten Daten  $DP1_t$ ,  $DP2_t$ ,  $DP3_t$ ,  $DP4_t$  ein zweites Betriebszustandsergebnis  $z_t^*.2$  ermittelt. Außerdem wird anhand der ersten Daten  $DS1_t$ ,  $DS2_t$ ,  $DS3_t$  ein Objektergebnis  $o_t^*$  ermittelt, welches in Kombination mit dem ersten Betriebszustandsergebnis  $z_t^*.1$  ein Betriebssituationsergebnis  $s_t^*$  bildet. Dass es sich bei der vorliegenden Betriebssituation  $s_t$  um eine vorzugsweise gerade aktuelle Betriebssituation handelt ist durch das Indize „t“ hinter dem „s“ verdeutlicht.

Wie dargestellt ist hier beispielsweise  $s_t=s_1$  und  $o_t=o_1$ . Entsprechend sollte sowohl  $z_t^*.1=z_1^*$  als auch  $z_t^*.2=z_1^*$  sein und es sollte  $o_t^*=o_1^*$  sein, sofern keine Fehler auftreten. Als aktuelle Situation liegt also der aktuelle Zustand: (sonnig, gesichert, tagsüber, hell) in Kombination mit dem aktuellen Objekt: Zug vor.

Die beiden Betriebszustandsergebnisse  $z_t^*.1$ ,  $z_t^*.2$  werden nun auf Übereinstimmung überprüft.

Es wird eine Fehlermeldung FM1 ausgegeben, wenn die beiden Betriebszustandsergebnisse  $z_t^*.1$ ,  $z_t^*.2$  nicht übereinstimmen, wenn also beispielsweise anhand der ersten Daten nicht  $z_t^*.1=z_1^*$  sondern beispielsweise  $z_t^*.1=z_2^*$  und anhand der zweiten Daten  $z_t^*.2=z_1^*$  ermittelt wird.

30

Es wird eine weitere Fehlermeldung FM2 ausgegeben, wenn einerseits das erste Betriebszustandsergebnis  $z_t^*.1$  einer vorgegebenen Betriebsart BA des Verkehrsraumes 1 entspricht, bei deren Vorliegen zumindest ein ausgewähltes Objekt  $o_1$  in dem Verkehrsraum 1 zu erwarten ist, und wenn andererseits in einem vorgegebenen Zeitintervall nach der Ermittlung des ersten Betriebszustandsergebnisses  $z_t^*.1$  kein vorgegebenes Objektergebnis  $o_1^*$  bestimmt wird, welches dem erwarteten Objekt  $o_1$

35

entspricht. Ist der Bahnübergang also beispielsweise gesichert – hier angezeigt durch das Bezugszeichen BA, dann muss in dem vorgegebenen Zeitintervall ein Zug  $o_1$  den Bahnübergang überqueren.

5

Es können also anwendungsspezifische Informationen – also beispielsweise, dass bei bestimmten Betriebsarten bestimmte Objekte erkannt werden müssen, die in dieser Situation ungefährlich sind und fast immer auftreten – zur Ausfalloffenbarung des Verfahrens ausgenutzt werden. Wie der beschriebene Fall, dass nach dem Sichern des Bahnübergangs in der Regel ein Zug den Bahnübergang überquert. Dieser Zug muss von dem Maschinen-Lern-Algorithmus erkannt und korrekt klassifiziert werden. Ist dies nicht der Fall, dann liegt eine betriebliche Ausnahme oder ein Fehler im System der Bahnsicherungsanlage vor. In jedem Fall müssen die Fehlermeldung FM2 und eine Überprüfung der Bahnsicherungsanlage erfolgen. Genauso sollten am nicht-gesicherten Bahnübergang, also wenn die Schranken offen sind, in der Regel Objekte erkannt werden, Autos, Fußgänger etc. In bekannt verkehrsschwachen Zeiten kann es vorteilhaft sein, die Überwachung zu deaktiviert, um Fehlalarme zu vermeiden.

Eine Überwachungsmeldung UEM wird ausgegeben, wenn die beiden Betriebszustandsergebnisse  $z_t^*.1$ ,  $z_t^*.2$  übereinstimmen, wenn außerdem das zu der Betriebssituation  $s_t$  ermitteltes Betriebssituationsergebnis  $s_t^*$  dem zu der vorgegebenen Situation  $s_T$  ermittelten vorgegebenen Situationsergebnis  $s_T^*$  entspricht und wenn das vorgegebenen Situationsergebnis ( $s_T^*$ ) als Gefahr (G) vorgegeben ist. Befindet sich also das Auto  $o_2$  im zwischen den Schranken, so ist dies gefährlich. Das Situationsergebnis ist als  $s_T=s_{n+1}$  ist also als Gefahr G vorgegeben. Selbstverständlich sind eine Mehrzahl weitere der vorgegeben Situationsergebnisse auch als Gefahr vorgegeben, was hier jedoch nicht weiter gezeigt ist.

35

Das vorgegebene Situationsergebnis  $s_T^*$  ist dabei eine Kombination aus dem vorgegebenen Zustandsergebnis  $z_T^*$  und dem vorgegebenen Objektergebnis  $o_T^*$ .

5 Dies ist hier gezeigt, denn  $z_t^*.1=z_t^*.2=z_1^*$  und  $o_t^*=o_1^*$ .

Die Überwachungsmeldung UEM wird also ausgegeben, wenn erkannt wird, dass die Betriebssituation  $s_t$  des Verkehrsraumes 1 der vorgegebenen Situationen  $s_T$  des Verkehrsraumes entspricht. Hier wie gezeigt

10

Der erste Computer 6 des Computersystems 5 empfängt hierzu die ersten Daten  $DS1_t$ ,  $DS2_t$ ,  $DS3_t$  von der Sensoreinrichtung 3 und ermittelt das erste Betriebszustandsergebnis  $z_t^*.1$  und das Objektergebnis  $o_t^*$  mittels des Maschinen-Lern-Algorithmus MLA.

15

Der zweite Computer 7 des Computersystems 5 empfängt die zweiten Daten  $DP1_t$ ,  $DP2_t$ ,  $DP3_t$  von einer Zustandsparameterdaten-Bereitstellungseinrichtung 4 und ermittelt das zweite Betriebszustandsergebnis  $z_t^*.2$  mittels des Zustandsmodell-Algorithmus ZMA.

20

Alternativ kann vorgesehen sein, dass der zweite Computer die 7 Trainingsdaten  $DP1_T$ ,  $DP2_T$ ,  $DP3_T$  empfängt und das zweite Betriebszustandsergebnis mittels eines weiteren Maschinen-Lern-Algorithmus, beispielsweise eines sogenannten Random Forests Algorithmus, ermittelt.

25

Somit könnte als Maschinen-Lern-Algorithmus (Hauptalgorithmus) ein auf einem neuronalen Netzwerk basierender Algorithmus verwendet werden. Und als der alternative weitere Maschinen-Lern-Algorithmus (Nebensalgorithmus) könnte ein auf der Basis von Entscheidungsbäumen (sogenannten Random Forests) basierender Algorithmus verwendet werden.

30

35

Im Betrieb erhält man also zwei unabhängige Einschätzungen für den wahren Zustand  $z_T$ : Aus den Zustandsparameterdaten

(Umgebungsinformationen) wird mittels des Zustandsmodell-Algorithmus ZMA eine erste Einschätzung getroffen, im Ergebnis derer  $z_t^{*.1}$  ermittelt wird. Und mittels des Maschinen-Lern-Algorithmus MLA wird eine zweite Einschätzung getroffen, im Ergebnis derer  $z_t^{*.2}$  ermittelt wird.

Wenn  $z_t^{*.1}$  und  $z_t^{*.2}$  nicht übereinstimmen, wird eine Fehlerreaktion in Form der Fehlermeldung FM1 eingeleitet. Bei Übereinstimmung kann ausgewertet werden und das Ergebnis hat eine höhere Zuverlässigkeit als der Maschinen-Lern-Algorithmus allein.

Das erfindungsgemäße Verfahren gewährleistet also eine Verkehrsraum - bzw. Gefahrenraumüberwachung mit zustandsgestützter Mustererkennung.

Dabei können kommerziellen Sensoren zur Gefahrenraumfreimeldung (GFM) am BÜ oder der Plattform in einem Bahnhof, insbesondere bei einfachen Betriebsverhältnissen, zum Einsatz kommen.

Es ist eine Lösung skizziert, die - abgesehen von kommerziellen Sensoren und Überwachungsmechanismen - ohne zusätzliche Sicherungstechnik auskommt und die trotzdem eine zuverlässige Erkennung von Hindernissen und Gefahren bietet.

Es ist bekannt, dass mit kommerziellen Sensoren wie Kameras, Lidar, Radar... in Kombination mit einer Mustererkennung sehr zuverlässige Resultate erzielt werden können, was aber schwer nachweisbar sein kann, wenn beispielsweise als Mustererkennung Algorithmen wie der genannte Maschinen-Lern-Algorithmus MLA, welcher beispielsweise auf einem neuronalen Netzwerk basieren kann, zum Einsatz kommen.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren werden die Ergebnisse des Maschinen-Lern-Algorithmus MLA in vorteilhafter Weise getützt. Es werden also nachweisbare Ergebnisse erzielt.

Das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäße Raumüberwachungsanlage 2 gewährleisten also eine einfache Stützung des Maschinen-Lern-Algorithmus durch Umgebungsinformationen sowie eine verbesserte Ausfalloffenbarung, Der wesentliche Vorteil liegt in der erhöhten Zuverlässigkeit der Entscheidungen, ob ein Fehler vorliegt bzw. ob und welche Gefahr vorliegt.

## Bezugszeichenliste:

1	Verkehrsraum
2	Raumüberwachungsanlage
3	Sensoreinrichtung
S1, S2, S3	Sensoreinheiten der Sensoreinrichtung
W1, W2, W3	Sensorwirkmechanismen
DS1 <sub>T</sub> , DS2 <sub>T</sub> , DS3 <sub>T</sub>	Mengen erster Daten (Mengen erster Sensordaten)
K11, K12, K13	erste Kommunikationspfade
4	Zustandsparameterdaten- Bereitstellungseinrichtung
P1, P2, P3, P4	Einheiten der Zustandsparameterdaten- Bereitstellungseinrichtung
DP1 <sub>T</sub> , DP2 <sub>T</sub> , DP3 <sub>T</sub> , DP4 <sub>T</sub>	Mengen zweite Daten (Mengen von Parameterdaten)
K21, K22, K23, K24	zweite Kommunikationspfade
5	Computersystem
6, 7	Computer des Computersystems
ZMA	Zustandsmodell-Algorithmus
K	Kommunikationspfad zwischen den Computern 6 und 7
MLA	Maschinen-Lern-Algorithmus

$S_T = \{s_T \mid s_T = s_1 \text{ oder } s_T = s_2 \dots \text{ oder } s_T = z_x\}$	Menge von vorgegebenen Situationen des Verkehrsraumes, auf deren Vorliegen der Verkehrsraum überwacht wird
$Z_T = \{z_T \mid z_T = z_1 \text{ oder } z_T = z_2 \dots \text{ oder } z_T = z_n\}$	Menge von vorgegebenen Verkehrsraumzuständen
$O_T = \{o_T \mid o_T = o_1 \text{ oder } o_T = o_2 \dots \text{ oder } o_T = o_m\}$	Menge von vorgegebenen Objekten
$S_T^* = \{s_T^* \mid s_T^* = s_1^* \text{ oder } s_T^* = s_2^* \dots \text{ oder } s_T^* = z_x^*\}$	Menge von vorgegebenen Situationsergebnissen
$Z_T^* = \{z_T^* \mid z_T^* = z_1^* \text{ oder } z_T^* = z_2^* \dots \text{ oder } z_T^* = z_n^*\}$	Menge von vorgegebenen Zustandsergebnissen
$O_T^* = \{o_T^* \mid o_T^* = o_1^* \text{ oder } o_T^* = o_2^* \dots \text{ oder } o_T^* = o_m^*\}$	Menge von vorgegebenen Objektergebnissen
G	Gefahr
H	Hindernis
$s_t$	Betriebssituation des Verkehrsraumes 1
$z_t$	Betriebszustand des Verkehrsraumes 1
$o_t$	Objekt im Verkehrsraum, welches in Kombination mit dem Betriebszustand $z_t$ die Betriebssituation $s_t$ oder einen Teil der bildet
BA	vorgegebenen Betriebsart des Verkehrsraumes (1)
$DS1_t, DS2_t, DS3_t$	zu der Betriebssituation $s_t$ erfasste

	erste Daten (erste Sensordaten)
$DP1_t, DP2_t, DP3_t, DP4_t$	zu der Betriebssituation $s_t$ erfasste zweite Daten (Parameterdaten)
$s_t^*$	zu der Betriebssituation $s_t$ ermitteltes Betriebssituationsergebnis
$z_t^*.1$	zu dem Betriebszustand $z_t$ ermitteltes erstes Betriebszustandsergebnis
$z_t^*.2$	zu dem Betriebszustand $z_t$ ermitteltes zweites Betriebszustandsergebnis
$o_t^*$	Zu dem Objekt $o_t$ ermitteltes Objektergebnis
FM, FM2	Fehlermeldungen
UEM	Überwachungsmeldung

## Patentansprüche

1. Raumüberwachungsverfahren zum Überwachen eines Verkehrs-  
5 raumes (1),  
- bei dem eine Betriebssituation ( $s_t$ ) des Verkehrsraumes (1)  
als einer vorgegebenen Situation ( $s_T$ ) des Verkehrsraumes (1)  
entsprechend erkannt wird, wenn ein anhand von ersten Daten  
( $DS1_t$ ,  $DS2_t$ ,  $DS3_t$ ) zu der Betriebssituation ( $s_t$ ) ermitteltes  
10 Betriebssituationsergebnis ( $s_t^*$ ) einem zu der vorgegebenen  
Situation ( $s_T$ ) ermittelten vorgegebenen Situationsergebnis  
( $s_T^*$ ) entspricht,  
- wobei das vorgegebenen Situationsergebnis ( $s_T^*$ ) oder ein  
Teildes vorgegebenen Situationsergebnisses ( $s_T^*$ ) eine Kombi-  
15 nation aus einem vorgegebenen Zustandsergebnis ( $z_T^*$ ) und ei-  
nem vorgegebenen Objektergebnis ( $o_T^*$ ) ist,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s  
- hinsichtlich der Betriebssituation ( $s_t$ ) des Verkehrsraumes  
(1) anhand der ersten Daten ( $DS1_t$ ,  $DS2_t$ ,  $DS3_t$ ) ein erstes Be-  
20 triebszustandsergebnis ( $z_t^*.1$ ) und anhand von zweiten Daten  
( $DP1_t$ ,  $DP2_t$ ,  $DP3_t$ ,  $DP4_t$ ) ein zweites Betriebszustandsergebnis  
( $z_t^*.2$ ) ermittelt werden und  
- die beiden Betriebszustandsergebnisse ( $z_t^*.1$ ,  $z_t^*.2$ ) auf  
Übereinstimmung überprüft werden.  
25
2. Raumüberwachungsverfahren nach Anspruch 1,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s  
hinsichtlich der Betriebssituation ( $s_t$ ) des Verkehrsraumes  
(1) anhand der ersten Daten ( $DS1_t$ ,  $DS2_t$ ,  $DS3_t$ ) ein Objekter-  
30 gebnis ( $o_t^*$ ) ermittelt wird, welches in Kombination mit dem  
ersten Betriebszustandsergebnis ( $z_t^*.1$ ) das Betriebssitua-  
tionsergebnis ( $s_t^*$ ) oder einen Teil des Betriebssituationser-  
gebnisses ( $s_t^*$ ) bildet.
- 35 3. Raumüberwachungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 oder  
2,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s

eine Fehlermeldung (FM1) ausgegeben wird, wenn die beiden Betriebszustandsergebnisse ( $z_t^*.1$ ,  $z_t^*.2$ ) nicht übereinstimmen.

4. Raumüberwachungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,

5  
dadurch gekennzeichnet, dass  
eine weitere Fehlermeldung (FM2) ausgegeben wird, wenn einerseits das erste Betriebszustandsergebnis ( $z_t^*.1$ ) einer vorgegebenen Betriebsart (BA) des Verkehrsraumes (1) entspricht,  
10 bei deren Vorliegen zumindest ein ausgewähltes Objekt ( $o_1$ ) in dem Verkehrsraum (1) zu erwarten ist, und wenn andererseits in einem vorgegebenen Zeitintervall nach der Ermittlung des ersten Betriebszustandsergebnisses ( $z_t^*.1$ ) kein vorgegebenes Objektergebnis ( $o_1^*$ ) bestimmt wird, welches dem erwarteten  
15 Objekt ( $o_1$ ) entspricht.

5. Raumüberwachungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,

dadurch gekennzeichnet, dass  
20 eine Überwachungsmeldung (UEM) ausgegeben wird, wenn die beiden Betriebszustandsergebnisse ( $z_t^*.1$ ,  $z_t^*.2$ ) übereinstimmen, wenn außerdem das zu der Betriebssituation ( $s_t$ ) ermittelte Betriebssituationsergebnis ( $s_t^*$ ) dem zu der vorgegebenen Situation ( $s_T$ ) ermittelten vorgegebenen Situationsergebnis  
25 ( $s_T^*$ ) entspricht und wenn das vorgegebenen Situationsergebnis ( $s_T^*$ ) als Gefahr (G) vorgegeben ist.

6. Raumüberwachungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,

30 dadurch gekennzeichnet, dass  
ein Computersystem (5) einer Raumüberwachungsanlage (2), insbesondere ein erster Computer (6) des Computersystems (5), die ersten Daten ( $DS1_t$ ,  $DS2_t$ ,  $DS3_t$ ) von einer Sensoreinrichtung (3) empfängt und das erste Betriebszustandsergebnis  
35 ( $z_t^*.1$ ) und das Objektergebnis ( $o_t^*$ ) mittels eines Maschinenlern-Algorithmus (MLA) ermittelt.

7. Raumüberwachungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass  
das Computersystem (5), insbesondere ein zweiter Computer (7)  
5 des Computersystems (5), die zweiten Daten (DP1<sub>t</sub>, DP2<sub>t</sub>, DP3<sub>t</sub>)  
von einer Zustandsparameterdaten-Bereitstellungseinrichtung  
(4) empfängt und das zweite Betriebszustandsergebnis (z<sub>t</sub>\*.2)  
mittels eines Zustandsmodell-Algorithmus (ZMA) oder mittels  
eines weiteren Maschinen-Lern-Algorithmus ermittelt.

10

8. Raumüberwachungsanlage (1) zum Überwachen eines Verkehrs-  
raumes (1),

- mit einem Computersystem (5), welches eingerichtet ist, ei-  
ne Betriebssituation (s<sub>t</sub>) des Verkehrsraumes (1) als einer  
15 vorgegebenen Situation (s<sub>T</sub>) des Verkehrsraumes (1) entspre-  
chend zu erkennen, wenn ein anhand von ersten Daten (DS1<sub>t</sub>,  
DS2<sub>t</sub>, DS3<sub>t</sub>) zu der Betriebssituation (s<sub>t</sub>) ermitteltes Be-  
triebssituationsergebnis (s<sub>t</sub>\*) einem zu der vorgegebenen Si-  
tuation (s<sub>T</sub>) ermittelten vorgegebenen Situationsergebnis  
20 (s<sub>T</sub>\*) entspricht,

- wobei das vorgegebenen Situationsergebnis (s<sub>T</sub>\*) oder ein  
Teil des vorgegebenen Situationsergebnisses (s<sub>T</sub>\*) eine Kombi-  
nation aus einem vorgegebenen Zustandsergebnis (z<sub>T</sub>\*) und ei-  
nem vorgegebenen Objektergebnis (o<sub>T</sub>\*) ist,

25

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s  
das Computersystem (3) eingerichtet ist,

- hinsichtlich der Betriebssituation (s<sub>t</sub>) des Verkehrsraumes  
(1) anhand der ersten Daten (DS1<sub>t</sub>, DS2<sub>t</sub>, DS3<sub>t</sub>) ein erstes Be-  
triebszustandsergebnis (z<sub>t</sub>\*.1) und anhand von zweiten Daten  
30 (DP1<sub>t</sub>, DP2<sub>t</sub>, DP3<sub>t</sub>, DP4<sub>t</sub>) ein zweites Betriebszustandsergebnis  
(z<sub>t</sub>\*.2) zu ermitteln und

- die beiden Betriebszustandsergebnisse (z<sub>t</sub>\*.1, z<sub>t</sub>\*.2) auf  
Übereinstimmung zu überprüfen.

35

9. Raumüberwachungsanlage nach Anspruch 8,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass  
das Computersystem (5) eingerichtet ist, hinsichtlich der Be-  
triebssituation (s<sub>t</sub>) des Verkehrsraumes (1) anhand der ersten

Daten ( $DS1_t$ ,  $DS2_t$ ,  $DS3_t$ ) ein Objektergebnis ( $o_t^*$ ) zu ermitteln, welches in Kombination mit dem ersten Betriebszustandsergebnis ( $z_t^*.1$ ) das Betriebssituationsergebnis ( $s_t^*$ ) oder einen Teil des Betriebssituationsergebnisses ( $s_t^*$ ) bildet.

5

10. Raumüberwachungsanlage nach einem der Ansprüche 8 oder 9, da durch gekennzeichnet, dass das Computersystem (5) eingerichtet ist, eine Fehlermeldung (FM1) auszugeben, wenn die beiden Betriebszustandsergebnisse  
10 ( $z_t^*.1$ ,  $z_t^*.2$ ) nicht übereinstimmen.

11. Raumüberwachungsanlage nach einem der Ansprüche 8 bis 10, da durch gekennzeichnet, dass das Computersystem (5) eingerichtet ist, eine weitere Fehler-  
15 meldung (FM2) auszugeben, wenn einerseits das erste Betriebszustandsergebnis ( $z_t^*.1$ ) einer vorgegebenen Betriebsart (BA) des Verkehrsraumes (1) entspricht, bei deren Vorliegen zumindest ein ausgewähltes Objekt ( $o_1$ ) in dem Verkehrsraum (1) zu  
20 erwarten ist, und wenn andererseits in einem vorgegebenen Zeitintervall nach der Ermittlung des ersten Betriebszustandsergebnisses ( $z_t^*.1$ ) kein vorgegebenes Objektergebnis ( $o_1^*$ ) bestimmt wird, welches dem erwarteten Objekt ( $o_1$ ) entspricht.

12. Raumüberwachungsanlage nach einem der Ansprüche 9 bis 11, da durch gekennzeichnet, dass  
25 das Computersystem (5) eingerichtet ist, eine Überwachungsmeldung (UEM) auszugeben, wenn die beiden Betriebszustandsergebnisse ( $z_t^*.1$ ,  $z_t^*.2$ ) übereinstimmen und wenn außerdem das zu der Betriebssituation ( $s_t$ ) ermittelte Betriebssituationsergebnis ( $s_t^*$ ) dem zu der vorgegebenen Situation ( $s_T$ ) ermittelten vorgegebenen Situationsergebnis ( $s_T^*$ ) entspricht.  
30

13. Raumüberwachungsanlage nach einem der Ansprüche 8 bis 12, da durch gekennzeichnet, dass  
35 das Computersystem (5), insbesondere ein erster Computer (6) des Computersystems (5), eingerichtet ist, die ersten Daten ( $DS1_t$ ,  $DS2_t$ ,  $DS3_t$ ) von einer Sensoreinrichtung (3) zu empfangen und das erste Betriebszustandsergebnis ( $z_t^*.1$ ) und das

Objektergebnis ( $o_t^*$ ) mittels eines Maschinen-Lern-Algorithmus (MLA) zu ermitteln.

14. Raumüberwachungsanlage nach einem der Ansprüche 8 bis 13,  
5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass  
das Computersystem (5), insbesondere ein zweiter Computer (7)  
des Computersystems (5), eingerichtet ist, die zweiten Daten  
( $DP1_t, DP2_t, DP3_t$ ) von einer Zustandsparameterdaten-  
Bereitstellungseinrichtung (4) zu empfangen und das zweite  
10 Betriebszustandsergebnis ( $z_t^{*.2}$ ) mittels eines Zustandsmo-  
dell-Algorithmus (ZMA) oder mittels eines weiteren Maschinen-  
Lern-Algorithmus zu ermitteln.

15. Computerprogramm mit Programmbefehlen, die bei der Aus-  
15 führung des Computerprogramms durch ein Computersystem (3)  
dieses veranlassen, die Schritte des Verfahrens nach einem  
der Ansprüche 1 bis 7 auszuführen.

16. Bereitstellungseinrichtung für das Computerprogramm nach  
20 Anspruch 15, wobei die Bereitstellungsvorrichtung das Compu-  
terprogramm speichert und/oder bereitstellt.

FIG 1

$$S_T = \{s_T \mid s_T = s_1 \text{ oder } s_T = s_2 \dots \text{oder } s_T = s_x\}$$

mit

$$S_T = s_x = (0_m, z_n) \quad S_T = s_3 = (0_1, z_3)$$

$$S_T = s_{x-1} = (0_m, z_{n-1}) \quad S_T = s_2 = (0_1, z_2)$$

$$S_T = s_{n+2} = (0_2, z_2) \quad S_T = s_1 = (0_1, z_1)$$

$$S_T = s_{n+1} = (0_2, z_1)$$

$$S_T = s_n = (0_1, z_n)$$

$$Z_T = \{z_T \mid z_T = z_1 \text{ oder } z_T = z_2 \dots \text{oder } z_T = z_n\}$$

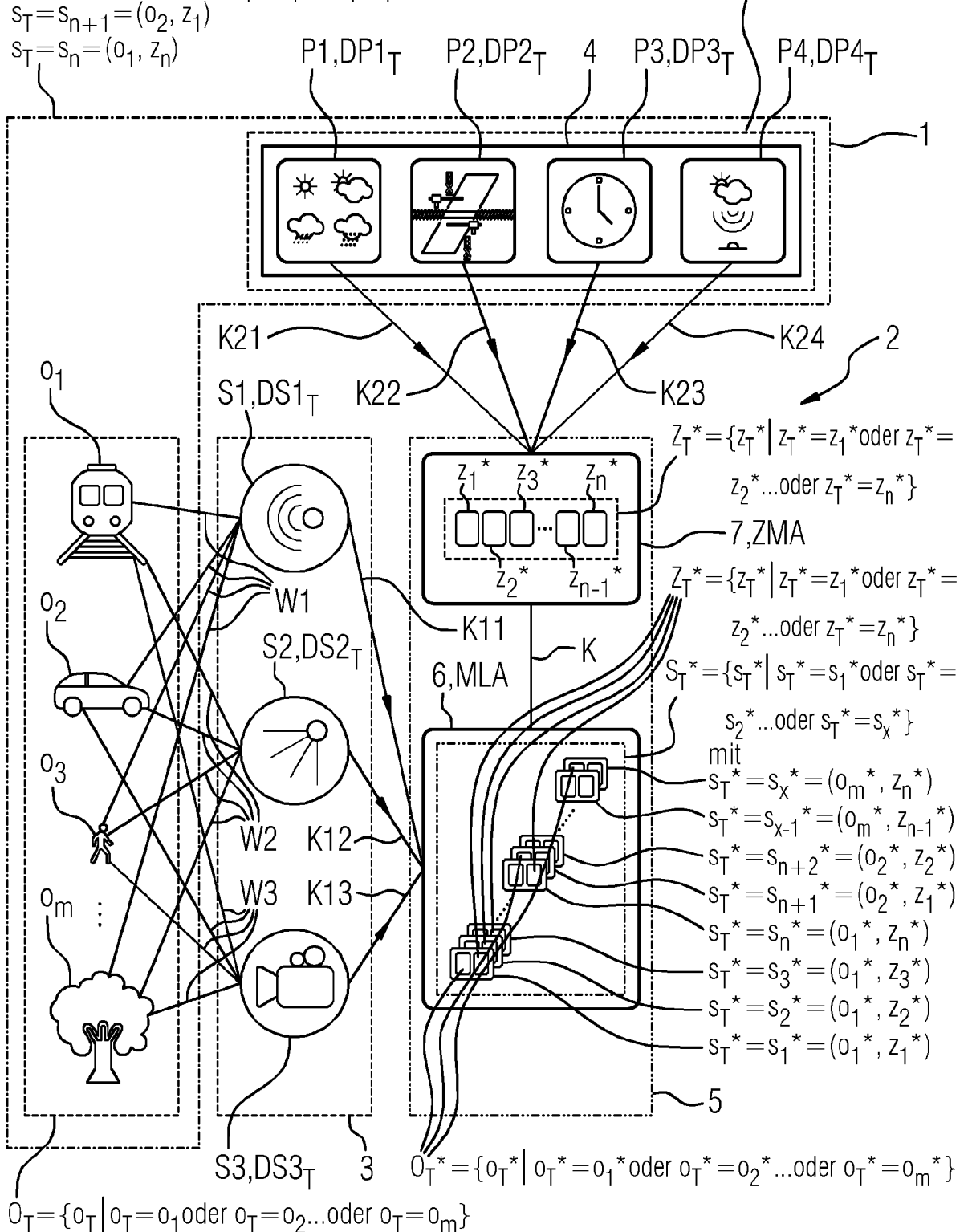
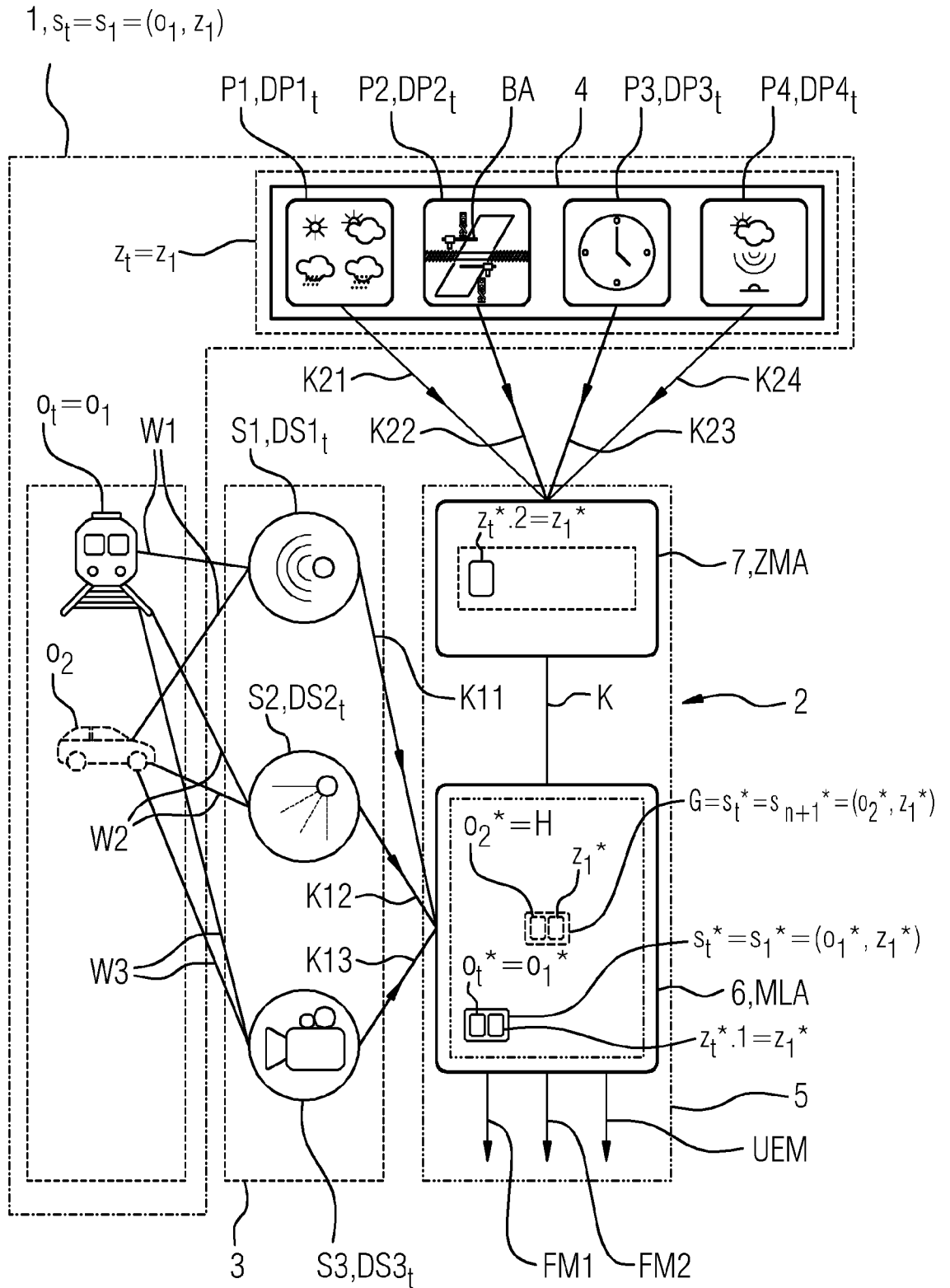


FIG 2



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/EP2020/065659**

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
<i>B61L 23/04</i> (2006.01)i; <i>B61L 27/00</i> (2006.01)i; <i>B61L 29/30</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)		
B61L		
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.
X Y	DE 102017209766 A1 (SIEMENS AG [DE]) 13 December 2018 (2018-12-13) abstract; figures paragraphs [0014] - [0017] paragraphs [0032] - [0053] paragraphs [0059] - [0061]	1-5,8-12,15,16 6,7,13,14
X Y	DE 102014208522 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 12 November 2015 (2015-11-12) the whole document	1-5,7-12,14-16 6,13
Y	WO 2017065678 A1 (QAMCOM TECH AB [SE]) 20 April 2017 (2017-04-20) the whole document	6,7,13,14
<input 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		Date of mailing of the international search report
17 September 2020		01 October 2020
Name and mailing address of the ISA/EP		Authorized officer
European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Robinson, Victoria  Telephone No.

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

International application No. <b>PCT/EP2020/065659</b>
---

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
DE	102017209766	A1	13 December 2018	DE	102017209766	A1	13 December 2018
				WO	2018224318	A1	13 December 2018
DE	102014208522	A1	12 November 2015	CN	105083342	A	25 November 2015
				DE	102014208522	A1	12 November 2015
				US	2015323663	A1	12 November 2015
WO	2017065678	A1	20 April 2017	SE	1530158	A1	14 April 2017
				WO	2017065678	A1	20 April 2017

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2020/065659

<b>A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES</b> INV. B61L23/04      B61L27/00      B61L29/30 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
<b>B. RECHERCHIERTE GEBIETE</b>		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole ) B61L		
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		
<b>C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN</b>		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 10 2017 209766 A1 (SIEMENS AG [DE]) 13. Dezember 2018 (2018-12-13)	1-5, 8-12,15, 16
Y	Zusammenfassung; Abbildungen Absätze [0014] - [0017] Absätze [0032] - [0053] Absätze [0059] - [0061] -----	6,7,13, 14
X	DE 10 2014 208522 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 12. November 2015 (2015-11-12)	1-5, 7-12, 14-16
Y	das ganze Dokument -----	6,13
Y	WO 2017/065678 A1 (QAMCOM TECH AB [SE]) 20. April 2017 (2017-04-20) das ganze Dokument -----	6,7,13, 14
<input 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 17. September 2020		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts 01/10/2020
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 Robinson, Victoria

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2020/065659

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102017209766 A1	13-12-2018	DE 102017209766 A1	13-12-2018
		WO 2018224318 A1	13-12-2018
-----			
DE 102014208522 A1	12-11-2015	CN 105083342 A	25-11-2015
		DE 102014208522 A1	12-11-2015
		US 2015323663 A1	12-11-2015
-----			
WO 2017065678 A1	20-04-2017	SE 1530158 A1	14-04-2017
		WO 2017065678 A1	20-04-2017
-----			