

(19)



(11)

EP 4 509 382 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
19.02.2025 Patentblatt 2025/08

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
B61L 23/04^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **24190880.5**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
B61L 23/041

(22) Anmeldetag: **25.07.2024**

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

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

(72) Erfinder: **Schmid, Reiner
80538 München (DE)**

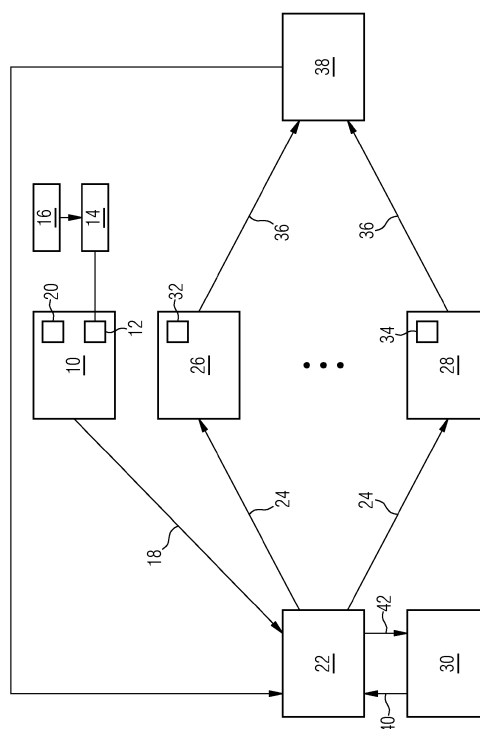
(74) Vertreter: **Siemens Patent Attorneys
Postfach 22 16 34
80506 München (DE)**

(30) Priorität: **16.08.2023 DE 102023207856**

(54) **VERFAHREN ZUM BESTIMMEN EINER STÖRUNG EINER BAHNINFRASTRUKTUR MITTELS EINER ERFASSUNGSVORRICHTUNG EINES ZUGES, COMPUTERPROGRAMMPRODUKT, COMPUTERLESBARES SPEICHERMEDIUM SOWIE ERFASSUNGSVORRICHTUNG**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bestimmen einer Störung (18) einer Bahninfrastruktur mittels einer Erfassungsvorrichtung (12) eines Zuges (10), mit den Schritten Erfassen einer Umgebung (14) des Zuges (10) mittels der Erfassungsvorrichtung (12); Bestimmen einer der Bahninfrastruktur zugeordneten Anomalie (16) in Abhängigkeit von der erfassten Umgebung (14) mittels

einer elektronischen Recheneinrichtung (20) der Erfassungsvorrichtung (12), und Bestimmen der Störung (18) in Abhängigkeit von der bestimmten Anomalie (16) mittels der elektronischen Recheneinrichtung (20). Ferner betrifft die Erfindung ein Computerprogrammprodukt, ein computerlesbares Speichermedium sowie eine Erfassungsvorrichtung (12).



EP 4 509 382 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bestimmen einer Störung einer Bahninfrastruktur mittels einer Erfassungsvorrichtung eines Zuges gemäß dem geltenden Patentanspruch 1. Ferner betrifft die Erfindung ein Computerprogrammprodukt, ein computerlesbares Speichermedium sowie eine Erfassungsvorrichtung.

[0002] Eisenbahnanlagen beziehungsweise Bahninfrastrukturen bedürften der beständigen Überwachung und Kontrolle, um die Betriebssicherheit der Bahninfrastruktur zu gewährleisten. Anhaltspunkte für das Vorliegen von Situationen können gewonnen werden, die möglicherweise Störungen verursachen. Beispielsweise erkennbare Beschädigungen an Signalanlagen, Überwucherung durch Vegetation am Gleis, Abnutzungserscheinungen an Gleisen und dem Gleisbett und dergleichen. Im Zuge des Einsatzes von Assistenzsystemen oder automatischen Zugsteuerungssystemen in der Eisenbahntechnik ist es möglich geworden, durch entsprechende Sensoren beziehungsweise Erfassungsvorrichtungen der Fahrzeuge automatisch Informationen über die Umgebung der Züge während der Fahrt zu erfassen. Damit wird auch die Umgebung der Eisenbahnanlage, auf der mit solchen Systemen ausgestatteten Züge verkehren, erfasst. Diese Sensoren beziehungsweise Erfassungsvorrichtungen liefern üblicherweise Informationen, die direkt zur Steuerung des Zuges dienen. Als Zusatznutzen können jedoch auch Informationen gewonnen werden, die dazu dienen, sicherheitsrelevante Zustände zu registrieren und durch eine Datenverbindung beispielsweise zentral zu sammeln und damit einer Leitstelle bekannt gemacht werden.

[0003] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren, ein Computerprogrammprodukt, ein computerlesbares Speichermedium sowie eine Erfassungsvorrichtung zu schaffen, mittels welchen verbessert eine Störung einer Bahninfrastruktur mittels der Erfassungsvorrichtung bestimmt werden kann.

[0004] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren, ein Computerprogrammprodukt, ein computerlesbares Speichermedium sowie eine Erfassungsvorrichtung gemäß den unabhängigen Patentansprüchen gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungsformen sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0005] Ein Aspekt der Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bestimmen einer Störung einer Bahninfrastruktur mittels einer Erfassungsvorrichtung eines Zuges. Es wird eine Umgebung des Zuges mittels der Erfassungsvorrichtung erfasst. Es erfolgt das Bestimmen einer der Bahninfrastruktur zugeordneten Anomalie in Abhängigkeit von der erfassten Umgebung mittels einer elektronischen Recheneinrichtung der Erfassungsvorrichtung und ein Bestimmen der Störung in Abhängigkeit von der bestimmten Anomalie mittels der elektronischen Recheneinrichtung.

[0006] Insbesondere macht sich somit die Erfindung zunutze, dass bereits am Zug verbaute Erfassungsvor-

richtungen dazu genutzt werden können, auch entsprechende Störungen an der Bahninfrastruktur erfassen und bestimmen zu können.

[0007] Insbesondere, wenn der Zug beispielsweise mit einem System zur automatischen Hinderniserkennung ausgestattet ist, sind eine Reihe von Sensoren beziehungsweise Erfassungsvorrichtungen zur Wahrnehmung der Umgebung des Zuges vorhanden. Diese liefern Bilddaten, Lidar- oder Radardaten zur Umgebung. Mit anderen Worten kann die Erfassungsvorrichtung als Kamera, Lidarsensor, Radarsensor oder auch Ultraschallsensor ausgebildet sein.

[0008] Bei der automatischen Hinderniserkennung erfolgt eine Auswertung der Sensordaten im Hinblick auf mögliche Hindernisse und Gefährdungen im Lichtraum des Zuges. Zusätzlich werden hier diese Daten auch verwendet, um andere den Bahnbetrieb beeinflussende Situationen zu erfassen.

[0009] Diese können zum Beispiel sein, Gefährdung auf benachbarten Gleisen, Anomalien, die genauerer Inspektion bedürfen, beispielsweise Vegetation, die die Gleisanlage überwuchert, unerwartete Änderungen in der Umgebung oder dergleichen.

[0010] Hierfür werden die entsprechenden Sensordaten insbesondere über die genauen Entstehungsort und -zeitpunkt gespeichert und dann entweder mit Hilfe von Verfahren der Anomaliedetektion, beispielsweise auf Basis eines Objekterkennungsalgorithmus, untersucht oder mit gezielt auf bestimmte Situationen abgestimmten Erkennungsmechanismen auf das Vorliegen von Anlässen zum genaueren Überwachen abgesehen. Hierbei können entsprechend optische Erkennungsalgorithmen beziehungsweise visuelle Erkennungsalgorithmen genutzt werden.

[0011] Dabei kann die Bestimmung der Störung insbesondere bereits eine analysierte Klassifikation der Störung umfassen, aber es können auch jeweils erhobene Rohdaten der Erfassungsvorrichtung des Zuges gespeichert werden, auf denen die entsprechende Ableitung beruht.

[0012] Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltungsform wird in Abhängigkeit von der aktuellen Position des Zuges die Anomalie bestimmt. Insbesondere kann somit die bestimmte Anomalie mit der Position abgespeichert werden. Hierzu können entsprechende virtuelle Daten beziehungsweise digitale Karten vorliegen, die hier beispielsweise entsprechende Informationen bezüglich der zu erwartenden Objekte vor Ort aufweisen. Insbesondere bei einem Abgleich mit dieser Karte kann dann wiederum die Anomalie bestimmt werden.

[0013] Weiterhin vorteilhaft ist, wenn eine erwartete erfasste Umgebung in Abhängigkeit von der aktuellen Position vorgegeben wird und die erwartete erfasste Umgebung mit der erfassten Umgebung verglichen wird und in Abhängigkeit davon die Anomalie bestimmt wird. Insbesondere, sollte die erwartete erfasste Umgebung von der tatsächlich erfassten Umgebung abweichen, so kann eine Anomalie bestimmt werden. Hierzu kann ins-

besondere eine Datenbank vorliegen, welche die erwartete erfasste Umgebung aufweist, wodurch insbesondere die Erfassungsvorrichtung somit auf diese Daten zurückgreifen kann und eine entsprechende Bewertung durchführen kann.

[0014] Ebenfalls vorteilhaft ist, wenn als Bahninfrastruktur ein Gleis und/oder ein Gleisbett und/oder eine Weiche und/oder ein Bahnsignal und/oder ein Bahnhof auf eine Störung überprüft wird. Insbesondere können weitere Infrastrukturobjekte ebenfalls mitüberprüft werden. Somit ist es ermöglicht, dass insbesondere die gesamte Bahninfrastruktur bezüglich einer Störung überprüft werden kann.

[0015] Weiterhin vorteilhaft ist, wenn eine bestimmte Störung an eine zentrale elektronische Recheneinrichtung übertragen wird. Insbesondere kann die zentrale elektronische Recheneinrichtung beispielsweise dazu dienen, eine Vielzahl von Störungen entsprechend zu sammeln. Somit kann die zentrale elektronische Recheneinrichtung darauf hingewiesen werden, dass eine entsprechende Störung vorliegt. Diese kann beispielsweise entsprechende zusätzliche Maßnahmen initiieren, beispielsweise entsprechende Reparaturmaßnahmen einleiten, sodass die Störung zukünftig behoben werden kann.

[0016] Ferner hat es sich als vorteilhaft erwiesen, wenn die Störung durch die zentrale elektronische Recheneinrichtung verifiziert wird. Insbesondere kann dies beispielsweise dadurch erfolgen, dass bereits zu dieser Anomalie historische Daten vorliegen. Insbesondere, sollten beispielsweise schon bereits die historischen Daten vorliegen, so kann eine entsprechende Störung verifiziert werden. Insbesondere erst eine verifizierte Störung führt entsprechend zu weiteren Maßnahmen. Insbesondere, da beispielsweise gewonnene Informationen über die Störung durch einen einzigen Zug im Regelfall unvollständig sind, benötigen diese eine Bestätigung beziehungsweise Überprüfung, um gezielt situationsangepasste Daten zu gewinnen. Somit kann höchst zuverlässig die Störung bestimmt werden.

[0017] Es hat sich weiterhin als vorteilhaft erwiesen, wenn mittels der zentralen elektronischen Recheneinrichtung ein Verifizierungsauftrag zum Verifizieren der Störung an zumindest einen weiteren Zug übermittelt wird. Beispielsweise kann der weitere Zug dann wiederum an einem entsprechenden Ort der potentiell bestimmten Störung ebenfalls vorbeifahren und entsprechend erfassen. Hierbei kann die Störung mit der gleichen Erfassungsvorrichtungsart beziehungsweise auch mit einer unterschiedlichen Erfassungsvorrichtungsart erfasst werden. Insbesondere wird somit der Verifizierungsauftrag durch die zentrale elektronische Recheneinrichtung erzeugt und an einen weiteren Zug übermittelt. Somit kann unabhängig von dem Zug durch den weiteren Zug eine Bestätigung der Störung realisiert werden. Somit kann höchst zuverlässig die Störung bestimmt werden.

[0018] Ebenfalls vorteilhaft ist, wenn der weitere Zug in

Abhängigkeit von einer Route des weiteren Zuges ausgewählt wird. Sollte beispielsweise der weitere Zug an der Anomalie vorbeifahren, insbesondere eine entsprechende Routenplanung vorliegen, welche den Zug an der Störung vorbeiführt, so kann dieser Zug entsprechend beauftragt werden, eine Verifizierung durchzuführen. Somit kann auf einfache Art und Weise die Störung verifiziert werden.

[0019] Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltungsform sieht vor, dass der weitere Zug in Abhängigkeit einer Art einer vorhandenen Erfassungsvorrichtung des weiteren Zugs ausgewählt wird. Insbesondere, sollte beispielsweise ein Zug keine Erfassungsvorrichtung aufweisen, so kann dieser auch nicht beauftragt werden, eine entsprechende Verifizierung durchzuführen. Insbesondere kann die elektronische Recheneinrichtung entscheiden, mittels welcher Erfassungsvorrichtungsart die Störung zu erfassen beziehungsweise zu verifizieren ist. Es kann dabei beispielsweise vorgesehen sein, dass die zentrale elektronische Recheneinrichtung eine Bestätigung über eine andere Erfassungsart benötigt und somit entsprechend einen Zug auswählt, welcher eine andere Erfassungsart aufweist als der Zug, der die Störung gemeldet hat. Somit kann zuverlässig die Störung bestimmt werden.

[0020] Ebenfalls vorteilhaft, wenn der weitere Zug in Abhängigkeit eines potentiellen anderen Erfassungswinkel auf die potentielle Störung ausgewählt wird. Beispielsweise kann der weitere Zug auf Basis eines entgegenkommenden Gleises beziehungsweise entgegenkommender Fahrtrichtung ausgewählt werden, sodass die Störung von einem anderen Blickwinkel entsprechend erfasst werden kann. Somit ist es ermöglicht, dass unterschiedliche Blickwinkel auf die Störung vorliegen und dadurch eine zuverlässige Verifizierung der Störung durchgeführt werden kann.

[0021] Ferner hat es sich als vorteilhaft erwiesen, wenn der weitere Zug in Abhängigkeit von einer Uhrzeit der potentiellen Erfassung der potentiellen Störung ausgewählt wird. Beispielsweise kann vorgesehen sein, dass lediglich Züge, welche tagsüber die Störung passieren, einen entsprechenden Verifikationsauftrag bekommen. Somit kann eine Falschaufnahme beziehungsweise eine Aufnahme mit geringer Dateninformationsdichte, beispielsweise aufgrund von Dunkelheit, verhindert werden.

[0022] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltungsform wird bei einer bestimmten Störung eine Warnmeldung für zumindest einen weiteren Zug erzeugt. Beispielsweise kann durch den Zug selbst die Warnmeldung erzeugt werden. Sollte es beispielsweise vorgesehen sein, dass erst durch die zentrale elektronische Recheneinrichtung die Störung zu verifizieren ist, so kann dann von der zentralen elektronischen Recheneinrichtung die entsprechende Warnmeldung erzeugt werden. Beispielsweise kann dann ferner vorgesehen sein, sollte die Störung entsprechend verifiziert werden, dass Züge angewiesen werden, an der Störung mit einer reduzier-

ten Geschwindigkeit vorbeizufahren. Ferner kann die Warnmeldung auch für entsprechendes Personal erzeugt werden, sodass Personen zur Reparatur an die Störung geschickt werden.

[0023] Bei dem vorgestellten Verfahren handelt es sich insbesondere um ein computerimplementiertes Verfahren. Daher betrifft ein weiterer Aspekt der Erfindung ein Computerprogrammprodukt mit Programmcodemitteln, welche eine elektronische Recheneinrichtung dazu veranlassen, wenn die Programmcodemittel von der elektronischen Recheneinrichtung abgearbeitet werden, ein Verfahren nach dem vorhergehenden Aspekt durchzuführen.

[0024] Des Weiteren betrifft die Erfindung auch ein computerlesbares Speichermedium mit dem Computerprogrammprodukt.

[0025] Ebenfalls betrifft die Erfindung auch eine Erfassungsvorrichtung zum Bestimmen einer Störung einer Bahninfrastruktur, mit zumindest einer elektronischen Recheneinrichtung, wobei die Erfassungsvorrichtung zum Durchführen eines Verfahrens nach dem vorhergehenden Aspekt ausgebildet ist. Insbesondere wird das Verfahren mittels der Erfassungsvorrichtung durchgeführt.

[0026] Ein nochmals weiterer Aspekt der Erfindung betrifft einen Zug mit einer Erfassungsvorrichtung gemäß dem vorhergehenden Aspekt.

[0027] Vorteilhafte Ausgestaltungsformen des Verfahrens sind als vorteilhafte Ausgestaltungsformen des Computerprogramms, des computerlesbaren Speichermediums, der Erfassungsvorrichtung sowie des Zuges anzusehen. Die Erfassungsvorrichtung sowie der Zug weisen hierzu insbesondere gegenständliche Merkmale auf, um entsprechende Verfahrensschritte durchführen zu können.

[0028] Im Rahmen der vorliegenden Offenbarung kann ein Objekterkennungsalgorithmus als ein Computeralgorithmus verstanden werden, der in der Lage ist, eines oder mehrere Objekte innerhalb eines bereitgestellten Eingangssatzes, beispielsweise Eingangsbildes, zu identifizieren und zu lokalisieren, beispielsweise indem er entsprechende Begrenzungsboxen oder Bereiche von Interesse, ROI (englisch: "region of interest"), festlegt und insbesondere jeder der Begrenzungsboxen eine entsprechende Objektklasse zuordnet, wobei die Objektklassen aus einem vordefinierten Satz von Objektklassen ausgewählt werden können. Dabei kann die Zuweisung einer Objektklasse zu einer Begrenzungsbox derart verstanden werden, dass ein entsprechender Konfidenzwert oder eine Wahrscheinlichkeit dafür, dass das innerhalb der Begrenzungsbox identifizierte Objekt zu der entsprechenden Objektklasse gehört, bereitgestellt wird. Zum Beispiel kann der Algorithmus für eine gegebene Begrenzungsbox für jede der Objektklassen einen solchen Konfidenzwert oder eine Wahrscheinlichkeit bereitstellen. Die Zuweisung der Objektklasse kann zum Beispiel die Auswahl oder Bereitstellung der Objektklasse mit dem größten Konfidenz-

wert oder der größten Wahrscheinlichkeit beinhalten. Alternativ kann der Algorithmus auch lediglich die Begrenzungsboxen festlegen, ohne eine entsprechende Objektklasse zuzuordnen.

[0029] Unter einer Recheneinheit/elektronische Recheneinrichtung kann insbesondere ein Datenverarbeitungsgerät verstanden werden, das einen Verarbeitungsschaltkreis enthält. Die Recheneinheit kann also insbesondere Daten zur Durchführung von Rechenoperationen verarbeiten. Darunter fallen gegebenenfalls auch Operationen, um indizierte Zugriffe auf eine Datenstruktur, beispielsweise eine Umsetzungstabelle, LUT (englisch: "look-up table"), durchzuführen.

[0030] Die Recheneinheit kann insbesondere einen oder mehrere Computer, einen oder mehrere Mikrocontroller und/oder einen oder mehrere integrierte Schaltkreise enthalten, beispielsweise eine oder mehrere anwendungsspezifische integrierte Schaltungen, ASIC (englisch: "application specific integrated circuit"), eines oder mehrere feldprogrammierbare Gate-Arrays, FPGA, und/oder eines oder mehrere Einchipsysteme, SoC (englisch: "system on a chip"). Die Recheneinheit kann auch einen oder mehrere Prozessoren, beispielsweise einen oder mehrere Mikroprozessoren, eine oder mehrere zentrale Prozesseinheiten, CPU (englisch: "central processing unit"), eine oder mehrere Grafikprozesseinheiten, GPU (englisch: "graphics processing unit") und/oder einen oder mehrere Signalprozessoren, insbesondere einen oder mehrere Digitalsignalprozessoren, DSP, enthalten. Die Recheneinheit kann auch einen physischen oder einen virtuellen Verbund von Computern oder sonstigen der genannten Einheiten beinhalten.

[0031] In verschiedenen Ausführungsbeispielen beinhaltet die Recheneinheit eine oder mehrere Hardware- und/oder Softwareschnittstellen und/oder eine oder mehrere Speichereinheiten.

[0032] Eine Speichereinheit kann als flüchtiger Datenspeicher, beispielsweise als dynamischer Speicher mit wahlfreiem Zugriff, DRAM (englisch: "dynamic random access memory") oder statischer Speicher mit wahlfreiem Zugriff, SRAM (englisch: "static random access memory"), oder als nicht-flüchtiger Datenspeicher, beispielsweise als Festwertspeicher, ROM (englisch: "read-only memory"), als programmierbarer Festwertspeicher, PROM (englisch: "programmable read-only memory"), als löschbarer programmierbarer Festwertspeicher, EPROM (englisch: "erasable programmable read-only memory"), als elektrisch löschbarer programmierbarer Festwertspeicher, EEPROM (englisch: "electrically erasable programmable read-only memory"), als Flash-Speicher oder Flash-EEPROM, als ferroelektrischer Speicher mit wahlfreiem Zugriff, FRAM (englisch: "ferroelectric random access memory"), als magnetoresistiver Speicher mit wahlfreiem Zugriff, MRAM (englisch: "magnetoresistive random access memory") oder als Phasenänderungsspeicher mit wahlfreiem Zugriff, PCRAM (englisch: "phase-change random access memory"), ausgestaltet sein.

[0033] Ein Umfeldsensorsystem/Erfassungsvorrich-

tung kann beispielsweise als Sensorsystem verstanden werden, das dazu in der Lage ist, Sensordaten oder Sensorsignale zu erzeugen, welche eine Umgebung Umfeldsensorsystems abbilden, darstellen oder wiedergeben. Insbesondere ist die Fähigkeit, elektromagnetische oder sonstige Signale aus der Umgebung zu erfassen, nicht hinreichend, um ein Sensorsystem als Umfeldsensorsystem zu erachten. Beispielsweise können Kameras, Radarsysteme, Lidarsysteme oder Ultraschallsensorsysteme als Umfeldsensorsysteme aufgefasst werden.

[0034] Algorithmen zur automatischen visuellen Wahrnehmung, die auch als Computer-Vision-Algorithmen, Algorithmen zum maschinellen Sehen oder Machine-Vision-Algorithmen bezeichnet werden können, können als Computeralgorithmen zur automatischen Durchführung einer visuellen Wahrnehmungsaufgabe betrachtet werden. Eine visuelle Wahrnehmungsaufgabe, die auch als Computer-Vision-Aufgabe bezeichnet wird, kann beispielsweise als eine Aufgabe zur Extraktion von visuellen Informationen aus Bilddaten verstanden werden. Insbesondere kann die visuelle Wahrnehmungsaufgabe in einigen Fällen prinzipiell von einem Menschen ausgeführt werden, der in der Lage ist, ein den Bilddaten entsprechendes Bild visuell wahrzunehmen. Im vorliegenden Zusammenhang werden visuelle Wahrnehmungsaufgaben jedoch auch automatisch durchgeführt, ohne dass die Unterstützung eines Menschen erforderlich ist.

[0035] Ein Computer-Vision-Algorithmus, beispielsweise zur Erkennung der Störung, kann beispielsweise einen

[0036] Bildverarbeitungsalgorithmus oder einen Algorithmus zur Bildanalyse enthalten, der durch maschinelles Lernen trainiert wird oder wurde und beispielsweise auf einem künstlichen neuronalen Netzwerk, insbesondere einem faltenden neuronalen Netz, basieren kann. Der Computer-Vision-Algorithmus kann beispielsweise einen Objekterkennungsalgorithmus, einen Hinderniserkennungsalgorithmus, einen Objektverfolgungsalgorithmus, einen Klassifikationsalgorithmus einen semantischen Segmentierungsalgorithmus, und/oder einen Tiefenschätzalgorithmus umfassen.

[0037] Entsprechende Algorithmen können analog auch basierend auf anderen Eingabedaten als von einem Menschen visuell wahrnehmbaren Bildern durchgeführt werden. Beispielsweise können auch Punktwolken oder Bilder von Infrarotkameras, Lidarsystemen et cetera mittels entsprechend angepasster Computeralgorithmen ausgewertet werden. Streng genommen handelt es sich bei den entsprechenden Algorithmen nicht um Algorithmen zur visuellen Wahrnehmung, da die entsprechenden Sensoren in Bereichen arbeiten können, die visuell, also für das menschliche Auge, nicht wahrnehmbar sind, zum Beispiel im Infrarotbereich. Deshalb werden solche Algorithmen im Rahmen der vorliegenden Erfindung Algorithmen zur automatischen Wahrnehmung bezeichnet. Algorithmen zur automatischen Wahrnehmung schließen also Algorithmen zur automatischen visuellen

Wahrnehmung ein, sind aber im Hinblick auf eine menschliche Wahrnehmung nicht auf diese beschränkt. Folglich kann ein Algorithmus zur automatischen Wahrnehmung nach diesem Verständnis einen Computeralgorithmus zur automatischen Durchführung einer Wahrnehmungsaufgabe enthalten, der beispielsweise durch maschinelles Lernen trainiert wird oder wurde und insbesondere auf einem künstlichen neuronalen Netzwerk basieren kann. Zu solchen verallgemeinerten Algorithmen zur automatischen Wahrnehmung können auch Objektdetektionsalgorithmen, Objektverfolgungsalgorithmen, Klassifizierungsalgorithmen und/oder Segmentierungsalgorithmen, zum Beispiel semantische Segmentierungsalgorithmen, gehören.

[0038] Falls ein künstliches neuronales Netzwerk zur Implementierung eines Algorithmus zur automatischen visuellen Wahrnehmung verwendet wird, ist eine häufig eingesetzte Architektur die eines faltendes neuronales Netzwerk, CNN. Insbesondere kann ein 2D-CNN auf entsprechende 2D-Kamerabilder angewendet werden. Auch für andere Algorithmen zur automatischen Wahrnehmung können CNNs verwendet werden. Beispielsweise können 3D-CNNs, 2D-CNNs oder 1D-CNNs auf Punktwolken angewendet werden, abhängig von den räumlichen Dimensionen der Punktwolke und den Details der Verarbeitung.

[0039] Das Ergebnis oder die Ausgabe eines Algorithmus zur automatischen Wahrnehmung ist abhängig von der spezifischen zugrundeliegenden Wahrnehmungsaufgabe. Beispielsweise kann die Ausgabe eines Objekterkennungsalgorithmus eine oder mehrere Begrenzungsboxen enthalten, die eine räumliche Position und optional eine Orientierung eines oder mehrerer entsprechender Objekte in der Umgebung und/oder entsprechende Objektklassen für das eine oder die mehreren Objekte definieren. Eine Ausgabe eines semantischen Segmentierungsalgorithmus, der auf ein Kamerabild angewendet wird, kann eine Klasse auf Pixelebene für jedes Pixel des Kamerabildes enthalten. Analog dazu kann eine Ausgabe eines semantischen Segmentierungsalgorithmus, der auf eine Punktwolke angewendet wird, eine entsprechende Punktebenen-Klasse für jeden der Punkte enthalten. Die Klassen auf Pixelebene beziehungsweise auf Punktebene können beispielsweise einen Objekttyp definieren, zu dem der jeweilige Pixel oder Punkt gehört.

[0040] Für Anwendungsfälle oder Anwendungssituationen, die sich bei einem erfindungsgemäßen Verfahren ergeben können und die hierin nicht explizit beschrieben sind, kann vorgesehen sein, dass gemäß dem Verfahren eine Fehlermeldung und/oder eine Aufforderung zur Eingabe einer Nutzerrückmeldung ausgegeben und/oder eine Standardeinstellung und/oder ein vorbestimmter Initialzustand eingestellt wird.

[0041] Unabhängig vom grammatikalischen Geschlecht eines bestimmten Begriffes sind Personen mit männlicher, weiblicher oder anderer Geschlechteridentität mit umfasst.

[0042] Weitere Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den Ansprüchen, den Figuren und der Figurenbeschreibung. Die vorstehend in der Beschreibung genannten Merkmale und Merkmalskombinationen sowie die nachfolgend in der Figurenbeschreibung genannten und/oder in den Figuren gezeigten Merkmale und Merkmalskombinationen können nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen von der Erfindung umfasst sein. Es können insbesondere auch Ausführungen und Merkmalskombinationen von der Erfindung umfasst sein, die nicht alle Merkmale eines ursprünglich formulierten Anspruchs aufweisen. Es können darüber hinaus Ausführungen und Merkmalskombinationen von der Erfindung umfasst, die über die in den Rückbezügen der Ansprüche dargelegten Merkmalskombinationen hinausgehen oder von diesen abweichen.

[0043] Dabei zeigt die einzige FIG. ein schematisches Blockschaltbild gemäß einer Ausführungsform des Verfahrens.

[0044] Die Erfindung wird im Folgenden anhand konkreter Ausführungsbeispiele und zugehöriger schematischer Zeichnungen näher erläutert. In den Figuren können gleiche oder funktionsgleiche Elemente mit denselben Bezugszeichen versehen sein. Die Beschreibung gleicher oder funktionsgleicher Elemente wird gegebenenfalls nicht notwendigerweise bezüglich verschiedener Figuren wiederholt.

[0045] Die FIG. zeigt ein schematisches Blockschaltbild gemäß einer Ausführungsform eines Zuges 10 mit einer Ausführungsform einer Erfassungsvorrichtung 12. Die Erfassungsvorrichtung 12 ist zum Erfassen einer rein schematisch dargestellten Umgebung 14 des Zuges 10 ausgebildet. Im folgenden Ausführungsbeispiel kann insbesondere in der Umgebung 14 eine Anomalie 16 an einer Bahninfrastruktur erkannt werden.

[0046] Gemäß einer Ausgestaltungsform der Erfindung kann zum Bestimmen einer Störung 18 der Bahninfrastruktur 16 die Erfassungsvorrichtung 12 ausgebildet sein. Hierzu erfolgt das Erfassen der Umgebung 14 des Zuges 10 mittels der Erfassungsvorrichtung 12. Es wird eine der Bahninfrastruktur zugeordnete Anomalie 16 in Abhängigkeit von der erfassten Umgebung 14 mittels einer elektronischen Recheneinrichtung 20 der Erfassungsvorrichtung 12 bestimmt. Es erfolgt dann die Bestimmung der Störung 18 in Abhängigkeit von der bestimmten Anomalie 16 mittels der elektronischen Recheneinrichtung 20.

[0047] Hierbei kann insbesondere vorgesehen sein, dass in Abhängigkeit von der aktuellen Position des Zuges 10 die Anomalie 16 bestimmt wird. Ferner kann vorgesehen sein, dass eine erwartete erfasste Umgebung 14 in Abhängigkeit von der aktuellen Position vorgegeben wird und die erwartete erfasste Umgebung 14 mit der erfassten Umgebung 14 verglichen wird und in Abhängigkeit davon die Anomalie 16 bestimmt wird.

[0048] Als Bahninfrastruktur kann insbesondere ein Gleis und/oder Gleisbett und/oder eine Weiche und/oder

ein Bahngleis und/oder ein Bahnhof auf eine Störung 18 überprüft werden.

[0049] Die FIG. zeigt ferner, dass die bestimmte Störung 18 an eine zentrale elektronische Recheneinrichtung 22 übertragen werden kann. Insbesondere kann dabei vorgesehen sein, dass die Störung 18 durch die zentrale elektronische Recheneinrichtung 22 verifiziert wird. Hierzu kann insbesondere vorgesehen sein, dass mittels der zentralen elektronischen Recheneinrichtung 22 ein Verifizierungsauftrag 24 an zumindest einen weiteren Zug 26, 28 übermittelt wird. Der weitere Zug 26, 28 kann dann in Abhängigkeit von einer Route des weiteren Zuges 26, 28 ausgewählt. Hierzu kann die zentrale elektronische Recheneinrichtung 22 insbesondere mit einem Routenplaner 30 kommunizieren, welcher die Routen der Züge 10, 26, 28 aufweist. Weiterhin kann vorgesehen sein, dass der weitere Zug 26, 28 in Abhängigkeit einer vorhandenen Erfassungsvorrichtung 32, 34 des weiteren Zuges 26, 28 ausgewählt wird. Im folgenden Ausführungsbeispiel weist beispielsweise ein erster weiterer Zug 26 eine erste Erfassungsvorrichtung 32 und ein zweiter weiterer Zug 28 eine zweite Erfassungsvorrichtung 34 auf. Insbesondere werden entsprechende Beobachtungen 36 der weiteren Züge 26, 28 an eine Situationsbewertung 38 übergeben, welche wiederum an die zentrale elektronische Recheneinrichtung 22 übermittelt wird.

[0050] Ebenfalls kann vorgesehen sein, dass der weitere Zug 26, 28 in Abhängigkeit von einer Uhrzeit der potentiellen Erfassung der potentiellen Störung 18 ausgewählt wird.

[0051] Ebenfalls kann vorgesehen sein, dass bei einer bestimmten Störung 18 eine Warnmeldung für zumindest einen weiteren Zug 26, 28 erzeugt wird.

[0052] Die zentrale elektronische Recheneinrichtung 22 kann beispielsweise mit dem Routenplaner 30 potentielle Zugkandidaten 40 sowie Ortsinformationen 42 austauschen.

[0053] Insbesondere ist somit vorgesehen, sollte der Zug 10 zur automatischen Hinderniserkennung ausgestattet sein, sind insbesondere eine Reihe von Sensoren, insbesondere die Erfassungsvorrichtung 12, zu Wahrnehmung der Umgebung 14 des Zuges 10 vorhanden. Diese liefern Bilddaten, Lidardaten und Radardaten zur Umgebung 14.

[0054] Bei der automatischen Hinderniserkennung erfolgt eine Auswertung der Sensordaten im Hinblick auf mögliche Hindernisse und Gefährdungen im Lichtraum des Zuges 10. Zusätzlich werden hier diese Daten auch verwendet, um andere den Bahnbetrieb beeinflussende Situationen zu erfassen.

[0055] Dies können zum Beispiel sein, Gefährdung auf benachbarten Gleisen, Anomalien 16, die genauerer Inspektion bedürfen, beispielsweise Vegetation der Gleisanlage, unerwartete Änderungen in der Umgebung oder dergleichen.

[0056] Hierzu werden Sensordaten über den genauen Entstehungsort und -zeitpunkt gespeichert und dann

entweder mit Hilfe von Verfahren der Anomaliedetektion untersucht oder mit gezielt auf bestimmte Situationen abgestimmten Erkennungsmechanismen auf das Vorliegen von Anlässen zum genaueren Überwachen abgesehen.

[0057] Ergibt sich ein Anhaltspunkt für eine genaue Untersuchung, so übermittelt dies der Zug 10 in einer Ausführungsform an die zentrale elektronische Recheneinrichtung 22, insbesondere in Form einer Leitstelle, in Form einer Beobachtungsmeldung. Basierend auf der Entscheidung der Leitstelle können dann wiederum die weiteren Züge 26, 28, deren Routen ebenfalls an der Beobachtungsstelle vorbeiführen, aufgefordert werden, weitere Beobachtungsdaten für den betroffenen Bereich und innerhalb eines betroffenen Bereichs, zu erheben und der zentralen elektronischen Recheneinrichtung 22 weiterzuleiten.

[0058] Die Beobachtungsmeldung erfasst die analysierte Klassifikation der Anomalie 16, aber auch die jeweils erhobenen Rohdaten der Erfassungsvorrichtung 12 des Zuges 10, auf denen die entsprechende Ableitung beruht.

[0059] Aufgrund der Beobachtungen aller Züge 10, 26, 28 kann dann in einer vorteilhaften Ausgestaltungsform eine verlässliche Situationsbewertung 38 vorgenommen werden und die notwendige Handlung abgeleitet werden. Diese wird dann in Form einer Meldung an beispielsweise das Personal der Leitstelle oder auch durch Kombination mit anderen elektronischen Systemen ausgegeben.

[0060] Die Situationsbewertung 38 berücksichtigt dabei insbesondere die vorliegenden Daten über den Normalzustand der Strecke, Beobachtungsdaten der weiteren Züge 26, 28 in engerem zeitlichen Zusammenhang und Regeln zur Bewertung der Situation, die durch die Betriebsleitung vorgegeben werden können.

[0061] Insbesondere besteht der wesentliche Unterschied zum Stand der Technik in der Integration der Beobachtungen aus der "Ego"-Perspektive des mit der Erfassungsvorrichtung 12 ausgestatteten Zuges 10 mit den Beobachtungen anderer Züge, insbesondere der weiteren Züge 26, 28, inklusive der Möglichkeit der aktiven Recherche durch gezielte Auswertung der Sensordaten durch die weiteren Züge 26, 28 bei Anomalien 16. Die zusätzliche Nutzung der in den weiteren Zügen 26, 28 vorhandenen und für andere Zwecke gedachten Sensorik für die hier beschriebenen Zwecke ist ebenfalls charakteristisch für die Erfindung und im Stand der Technik so nicht beschrieben.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Bestimmen einer Störung (18) einer Bahninfrastruktur mittels einer Erfassungsvorrichtung (12) eines Zuges (10), mit den Schritten:

- Erfassen einer Umgebung (14) des Zuges (10)

mittels der Erfassungsvorrichtung (12);

- Bestimmen einer der Bahninfrastruktur zugeordneten Anomalie (16) in Abhängigkeit von der erfassten Umgebung (14) mittels einer elektronischen Recheneinrichtung (20) der Erfassungsvorrichtung (12); und

- Bestimmen der Störung (18) in Abhängigkeit von der bestimmten Anomalie (16) mittels der elektronischen Recheneinrichtung (20).

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** in Abhängigkeit von der aktuellen Position des Zuges (10) die Anomalie (18) bestimmt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine erwartete erfasste Umgebung (14) in Abhängigkeit von der aktuellen Position vorgegeben wird und die erwartete erfasste Umgebung (14) mit der erfassten Umgebung (14) verglichen wird und in Abhängigkeit davon die Anomalie (16) bestimmt wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Bahninfrastruktur ein Gleis und/oder ein Gleisbett und/oder eine Weiche und/oder ein Bahnsignal und/oder ein Bahnhof auf eine Störung (18) überprüft wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine bestimmte Störung (18) an eine zentrale elektronische Recheneinrichtung (22) übertragen wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Störung (18) durch die zentrale elektronische Recheneinrichtung (22) (verifiziert wird).

7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** mittels der zentralen elektronischen Recheneinrichtung (22) ein Verifizierungsauftrag (24) zum Verifizieren der Störung (18) an zumindest einen weiteren Zug (26, 28) übermittelt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der weitere Zug (26, 28) in Abhängigkeit von einer Route des weiteren Zuges (26, 28) ausgewählt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der weitere Zug (26, 28) in Abhängigkeit einer Art einer vorhandenen Erfassungsvorrichtung (32, 34) des weiteren Zuges (26, 28) ausgewählt wird.

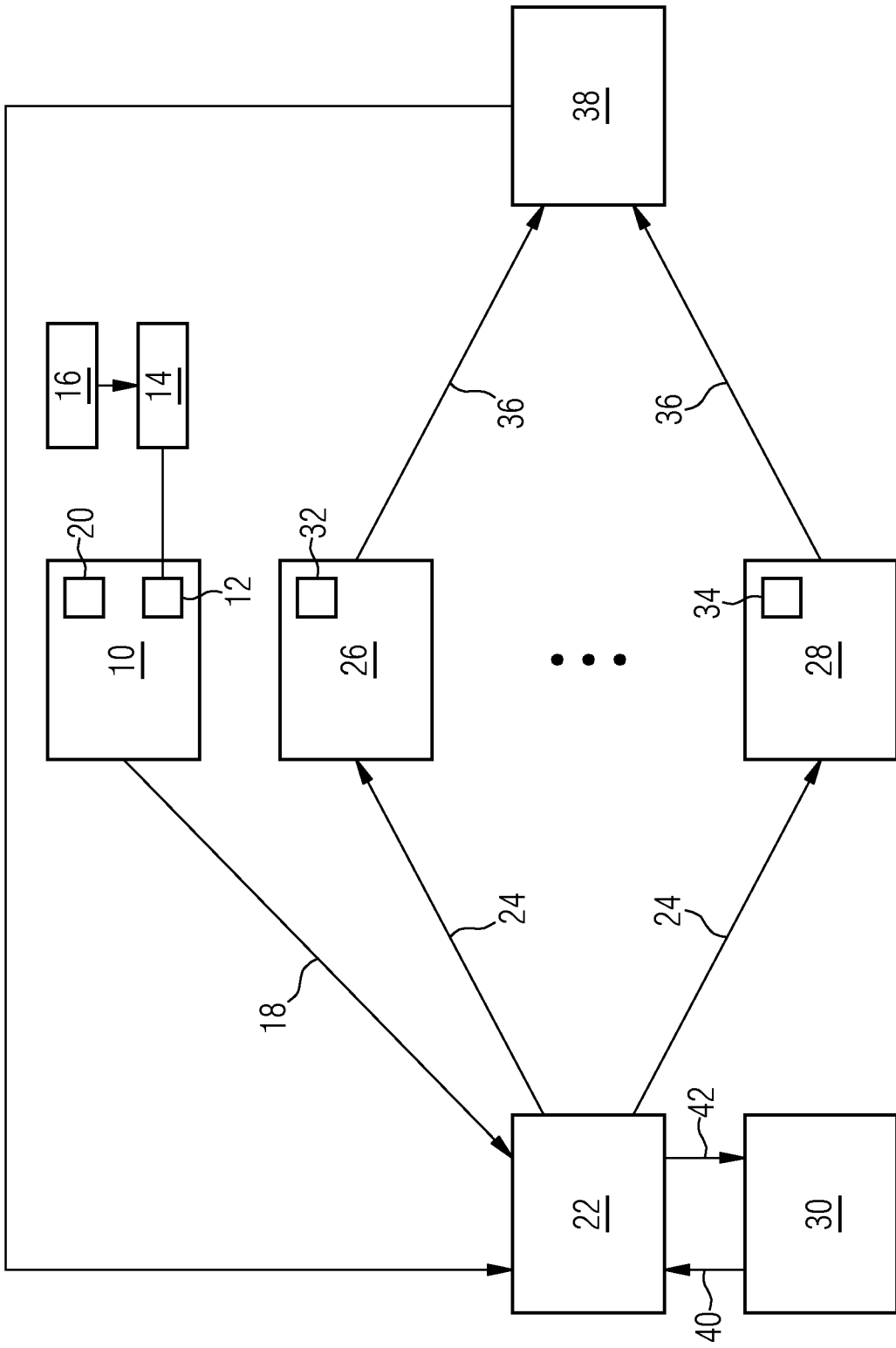
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der weitere Zug (26, 28) in Abhängigkeit eines potentiellen anderen Erfassungswinkel auf die potentielle Störung (18) ausgewählt wird. 5
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der weitere Zug (26, 28) in Abhängigkeit von einer Uhrzeit der potentiellen Erfassung der potentiellen Störung (18) ausgewählt wird. 10
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei einer bestimmten Störung (18) eine Warnmeldung für zumindest einen weiteren Zug (26, 28) erzeugt wird. 15
13. Computerprogrammprodukt mit Programmcodemitteln, welche eine elektronische Recheneinrichtung (20) dazu veranlasst, wenn die Programmcodemittel von der elektronischen Recheneinrichtung (20) abgearbeitet werden, ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12 durchzuführen. 20
25
14. Computerlesbares Speichermedium mit zumindest einem Computerprogrammprodukt nach Anspruch 13.
15. Erfassungsvorrichtung (12) zum Bestimmen einer Störung (18) einer Bahninfrastruktur, mit zumindest einer elektronischen Recheneinrichtung (20), wobei die Erfassungsvorrichtung (12) zum Durchführen eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 12 ausgebildet ist. 30
35

40

45

50

55





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 24 19 0880

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	WO 2005/120924 A1 (STRATECH SYSTEMS LTD [SG]; CHEW KIEN MEOW DAVID [SG]) 22. Dezember 2005 (2005-12-22) * Seite 1, Zeile 10 - Seite 11, Zeile 26; Abbildungen 1-9 *	1-15	INV. B61L23/04
X	WO 2018/104454 A2 (SIEMENS AG [DE]) 14. Juni 2018 (2018-06-14) * Absatz [0001] - Absatz [0080]; Abbildungen 1-6 *	1-6, 13-15	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) B61L
A	DE 10 2020 215754 A1 (SIEMENS MOBILITY GMBH [DE]) 15. Juni 2022 (2022-06-15) * Seite 1, Zeile 7 - Seite 19, Zeile 6; Abbildungen 1,2 *	7-12	
A		7-12	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 19. Dezember 2024	Prüfer Kassner, Holger
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.92 (F04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 24 19 0880

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

19 - 12 - 2024

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2005120924 A1	22 - 12 - 2005	JP 2008502538 A	31 - 01 - 2008
		US 2006098843 A1	11 - 05 - 2006
		WO 2005120924 A1	22 - 12 - 2005

WO 2018104454 A2	14 - 06 - 2018	CN 110087970 A	02 - 08 - 2019
		EP 3523177 A2	14 - 08 - 2019
		RU 2719499 C1	20 - 04 - 2020
		WO 2018104454 A2	14 - 06 - 2018

DE 102020215754 A1	15 - 06 - 2022	DE 102020215754 A1	15 - 06 - 2022
		EP 4222039 A1	09 - 08 - 2023
		US 2024034372 A1	01 - 02 - 2024
		WO 2022122196 A1	16 - 06 - 2022

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82