



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
06.11.2019 Patentblatt 2019/45

(51) Int Cl.:
B61L 27/00 (2006.01) B61L 7/08 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **18170074.1**

(22) Anmeldetag: **30.04.2018**

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

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

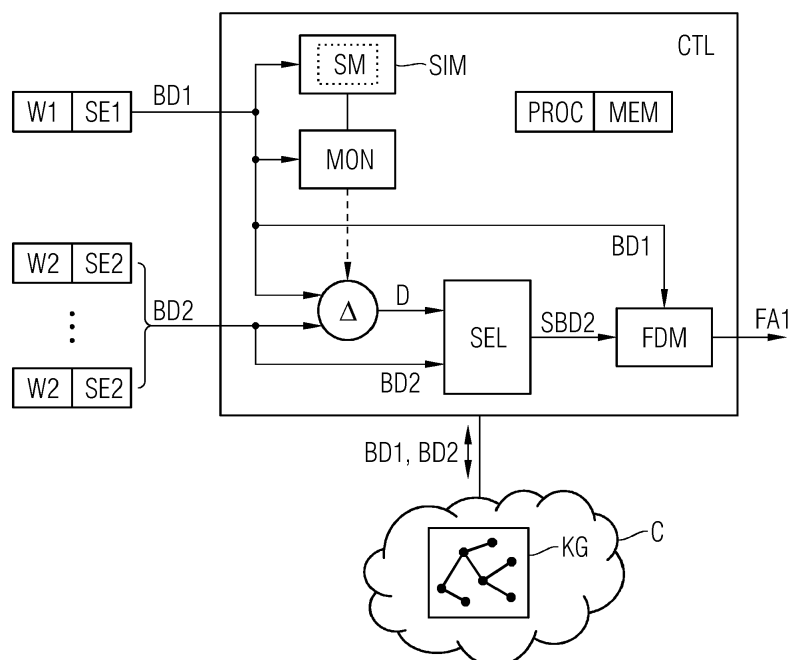
(72) Erfinder:
• **Boschert, Stefan**
85579 Neubiberg (DE)
• **Heinrich, Christoph**
86609 Donauwörth (DE)
• **Schulze, Michael**
12557 Berlin (DE)

(54) **VERFAHREN UND ANORDNUNG ZUR FEHLERDETEKTION IN EINEM WEICHENSYSTEM**

(57) Zur Fehlerdetektion in einem Weichensystem (WS) mit mehreren Weichen (W, W1, W2) werden für eine jeweilige Weiche (W, W1, W2) deren Betriebsdaten (BD, BD1, BD2) erfasst und zu einer zentralen Steuerung (CTL) übermittelt. Durch die zentrale Steuerung (CTL) wird für eine jeweilige erste Weiche (W1) des Weichensystems (WS) anhand von deren Betriebsdaten (BD1) eine Abweichung eines Betriebsverhaltens der ersten Weiche (W1) von einem Sollverhalten ermittelt. Bei Vor-

liegen einer Abweichung werden Betriebsdaten (BD1) der ersten Weiche (W1) mit Betriebsdaten (BD2) anderer, zweiter Weichen (W2) des Weichensystems (WS) verglichen, und abhängig davon wird eine zweite Weiche mit ähnlichen Betriebsdaten (SBD2) selektiert. Anhand der Betriebsdaten (SBD2) der selektierten zweiten Weiche wird eine Fehlerangabe (FA1) für die erste Weiche (W1) abgeleitet und ausgegeben.

FIG 2



Beschreibung

[0001] Bei Verkehrsträgern oder Transportmitteln mit Spurbinding werden zum Übergang von einer Spur auf eine andere Spur in der Regel Weichen eingesetzt. So z.B. bei Schienenverkehrsmitteln wie Eisenbahnen und Straßenbahnen sowie bei Achterbahnen, Oberleitungsbussen, Seilbahnen oder Rohrpostsystemen.

[0002] Die Weichen sind zentrale Elemente des Transportwegs, die bei Funktionsstörungen einen Betriebsablauf stark behindern können. Somit ist es wünschenswert, dass Funktionsstörungen und andere Fehler im Weichensystem möglichst präzise detektiert und vorzugsweise vorhergesagt werden können. Eine Identifizierung einer jeweiligen Fehlerursache wäre ebenfalls sehr vorteilhaft.

[0003] Es ist bekannt, Weichen und deren Antriebe mittels zugeordneter Sensoren zu überwachen und bei Abweichungen eines Betriebsverhaltens von einem Sollverhalten einen Fehler zu signalisieren. Mittels der bekannten Methodik ist es jedoch verhältnismäßig aufwendig, Fehler vorherzusagen und/oder deren Ursachen zu ermitteln.

[0004] Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und eine Anordnung zur Fehlerdetektion in einem Weichensystem zu schaffen, die detailliertere Fehlerangaben erlauben und/oder einen geringeren Aufwand erfordern.

[0005] Gelöst wird diese Aufgabe durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1, durch eine Anordnung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 12, durch ein Computerprogrammprodukt mit den Merkmalen des Patentanspruchs 13 sowie durch ein computerlesbares Speichermedium mit den Merkmalen des Patentanspruchs 14.

[0006] Zur Fehlerdetektion in einem über mindestens eine Spurtrasse verteilten Weichensystem mit mehreren Weichen werden für die Weichen des Weichensystems jeweils Betriebsdaten der betreffenden Weiche erfasst und zu einer zentralen Steuerung übermittelt. Als Weichensystem sei hierbei insbesondere auch eine beliebige Gruppe mehrerer Weichen verstanden. Durch die zentrale Steuerung werden für eine jeweilige erste Weiche des Weichensystems

- anhand der Betriebsdaten der ersten Weiche eine Abweichung eines Betriebsverhaltens der ersten Weiche von einem Sollverhalten ermittelt,
- bei Vorliegen einer Abweichung Betriebsdaten der ersten Weiche mit Betriebsdaten anderer, zweiter Weichen des Weichensystems verglichen,
- abhängig von den Vergleichsergebnissen eine zweite Weiche mit ähnlichen Betriebsdaten selektiert,
- anhand der Betriebsdaten der selektierten zweiten Weiche eine Fehlerangabe für die erste Weiche abgeleitet, und
- die Fehlerangabe für die erste Weiche ausgegeben.

[0007] Zum Ausführen des erfindungsgemäßen Verfahrens sind eine Anordnung zur Fehlerdetektion in einem Weichensystem, ein Computerprogrammprodukt sowie ein computerlesbares Speichermedium vorgesehen.

[0008] Das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäße Anordnung können insbesondere mittels eines oder mehrerer Prozessoren, anwendungsspezifischer integrierter Schaltungen (ASIC), digitaler Signalprozessoren (DSP) und/oder sogenannter "Field Programmable Gate Arrays" (FPGA) ausgeführt bzw. implementiert werden.

[0009] Die Erfindung kann in vorteilhafter Weise den Umstand nutzen, dass an der gleichen Spurtrasse angeordnete Weichen häufig von den gleichen Fahrzeugen durchfahren werden und deshalb ähnlich beansprucht werden. Analog dazu sind Weichen, die sich in räumlicher Nähe zueinander befinden, in der Regel ähnlichen Umgebungsbedingungen, insbesondere ähnlichen Witterungsbedingungen ausgesetzt. Verhalten und insbesondere Fehlverhalten von Weichen eines Weichensystems sind deshalb oft miteinander korreliert. Damit kann ein bekanntes Verhalten oder Fehlverhalten von ähnlichen Weichen in vielen Fällen dazu genutzt werden, ein Verhalten oder Fehlverhalten einer dazu ähnlichen, ersten Weiche zu detektieren, vorherzusagen und/oder eine wahrscheinliche Fehlerursache zu identifizieren. Insbesondere können aus gespeicherten Betriebsdaten einer älteren Weiche in vielen Fällen zutreffende Prognosen über ein zukünftiges Verhalten einer dazu ähnlichen jüngeren Weiche abgeleitet werden.

[0010] Mittels der Erfindung können Fehlersuche und Wartung in einem Weichensystem häufig erheblich verkürzt werden und fehlerspezifische Gegenmaßnahme frühzeitig eingeleitet werden. Die Erfindung kann insbesondere zum Überwachen, zum Testen, zur Inbetriebnahme, zur Wartung, zur Inspektion, zur Diagnose, zur Risikoabschätzung und/oder zum Steuern eines Weichensystems, insbesondere auch im laufenden Betrieb eingesetzt werden.

[0011] Vorteilhafte Ausführungsformen und Weiterbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0012] Nach einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung können die für eine jeweilige Weiche erfassten Betriebsdaten durch eine dieser Weiche zugeordnete Sendeeinrichtung zur zentralen Steuerung übermittelt werden. Die Übermittlung kann drahtgebunden, drahtlos und/oder über ein Datennetzwerk, insbesondere das Internet erfolgen. Die einer jeweiligen Weiche zugeordnete Sendeeinrichtung kann bei der betreffenden Weiche oder in einem Stellwerk des Weichensystems angeordnet sein. Aufgrund der weichenspezifischen Sendeeinrichtungen ist in vielen Fällen kein Servicetechniker vor Ort erforderlich.

[0013] Nach einer weiteren Ausführungsform der Erfindung kann in den Betriebsdaten der selektierten zweiten Weiche eine Angabe über eine Fehlerursache ge-

sucht werden. Falls eine solche Angabe gefunden wird, kann die gefundene Angabe als Fehlerangabe für die erste Weiche ausgegeben werden. Insofern die selektierte zweite Weiche ähnliche Betriebsdaten wie die erste Weiche aufweist, kann eine in den Betriebsdaten der selektierten zweiten Weiche angegebene Fehlerursache häufig auch als wahrscheinliche Fehlerursache für die erste Weiche angenommen werden.

[0014] Weiterhin kann in den Betriebsdaten der selektierten zweiten Weiche eine Angabe über einen aufgetretenen Fehler gesucht werden. Falls eine solche Angabe gefunden wird, kann die gefundene Angabe als Fehlerprognose für die erste Weiche ausgegeben werden. Insofern die selektierte zweite Weiche ähnliche Betriebsdaten wie die erste Weiche aufweist, kann ein in den Betriebsdaten der selektierten zweiten Weiche hinterlegter Fehler als Fehlerprognose für die erste Weiche dienen.

[0015] Nach einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung können die Betriebsdaten einer jeweiligen Weiche einen zeitlichen Verlauf einer Stromaufnahme und/oder einen zeitlichen Verlauf einer Leistungsaufnahme eines Weichenantriebs der jeweiligen Weiche umfassen. Eine erhöhte Strom- oder Leistungsaufnahme kann hierbei auf eine Schwergängigkeit der betreffenden Weiche hindeuten, die beispielsweise durch Vereisung, durch ein Hindernis oder durch Hemmung, z.B. durch einen Stein verursacht sein kann.

[0016] Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung kann das Betriebsverhalten und/oder das Sollverhalten der jeweiligen ersten Weiche mittels eines physikalischen Simulationsmodells der ersten Weiche anhand der Betriebsdaten der ersten Weiche simuliert werden. Mittels des physikalischen Simulationsmodells kann insbesondere ein Weichenantrieb, eine Kraftübertragung und/oder eine Weichenzunge der ersten Weiche simuliert werden.

[0017] Nach einer weiteren Ausführungsform der Erfindung können mehrere zweite Weichen selektiert werden, deren Betriebsdaten ähnlich zu den Betriebsdaten der ersten Weiche sind. Die Betriebsdaten der selektierten zweiten Weichen können dann zum Ableiten der Fehlerangabe kombiniert werden, um beispielsweise einen Betriebsparameter zu interpolieren oder zu extrapolieren.

[0018] Weiterhin kann beim Vergleich von Betriebsdaten einer jeweiligen ersten Weiche mit Betriebsdaten einer jeweiligen zweiten Weiche ein Abstandsmaß für einen Abstand zwischen den jeweils verglichenen Betriebsdaten ermittelt werden. Alternativ oder zusätzlich können Betriebsdatenmuster der zu vergleichenden Betriebsdaten durch ein Mustererkennungsverfahren ermittelt und verglichen werden, und das Abstandsmaß kann abhängig vom Mustervergleich bestimmt werden. Abhängig vom ermittelten Abstandsmaß kann dann diejenige zweite Weiche selektiert werden, deren Betriebsdaten einen geringen oder einen geringsten Abstand zu den Betriebsdaten der ersten Weiche aufweisen.

[0019] Nach einer besonders vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung kann durch die zentrale Steuerung ein Wissensgraph verwaltet werden, dessen Knoten jeweils einer Weiche des Weichensystems zugeordnet sind. Betriebsdaten einer jeweiligen Weiche können dann in Zuordnung zu einem dieser Weiche zugeordneten Knoten oder in diesem Knoten gespeichert werden. Vorzugsweise können in Zuordnung zu einem Knoten neben den aktuell erfassten und übermittelten Betriebsdaten der zugeordneten Weiche auch historische Betriebsdaten und andere Angaben über diese Weiche möglichst umfassend gesammelt werden. Ein jeweiliger Knoten kann damit gewissermaßen als Datenzwilling der jeweils zugeordneten Weiche aufgefasst werden. Ein solcher Wissensgraph erlaubt eine zentrale Zusammenführung von Betriebsdaten und anderen, aus unterschiedlichen Quellen stammenden Daten, wie z.B. Sensordaten, Wartungsdaten, Umgebungsdaten, Wetterdaten oder Daten über einen Aufstellort einer jeweiligen Weiche. Die zusammengeführten Daten können dann auf besonders vielfältige Weise verknüpft, korreliert und ausgewertet werden.

[0020] Nach einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung können mittels eines physikalischen Simulationsmodells virtuelle Betriebsdaten für eine Vielzahl von virtuellen Weichen generiert werden. Die virtuellen Betriebsdaten können dann wie Betriebsdaten der zweiten Weichen verwendet werden. Hierbei kann eine Anzahl der virtuellen Weichen abhängig von einer Anzahl und/oder einem Alter der Weichen des Weichensystems bestimmt werden. Insbesondere kann bei jungen und/oder kleinen Weichensystemen die Anzahl der virtuellen Weichen erhöht werden. Durch die Generierung virtueller Flottendaten für das Weichensystem kann ein Bestand an Vergleichsdaten zum Vergleichen mit den Betriebsdaten der ersten Weiche erhöht werden. Dies erlaubt insbesondere bei jungen oder kleinen Weichensystemen eine bessere Fehlerdetektion und verbessert in der Regel eine Anwendung von datengetriebenen Auswertungsverfahren.

[0021] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigen jeweils in schematischer Darstellung:

Figur 1 ein durch eine zentrale Steuerung gesteuertes Weichensystem und

Figur 2 eine erfindungsgemäße Anordnung zur Fehlerdetektion im Weichensystem.

[0022] Figur 1 veranschaulicht ein durch eine zentrale Steuerung CTL gesteuertes Weichensystem WS eines Verkehrsmittels oder Transportmittels mit Spurbindung, z.B. einer Eisenbahn. Alternativ oder zusätzlich kann das Weichensystem WS auch für andere Schienenverkehrsmittel, wie z.B. Straßenbahnen sowie für Achterbahnen, Oberleitungsbusse, Seilbahnen oder Rohrpostsysteme vorgesehen sein.

[0023] Das Weichensystem WS umfasst eine Vielzahl von Weichen W die entlang von Spurtrassen ST1 und ST2 oder anderweitig in räumlicher Nähe zueinander angeordnet sind. Die Spurtrasse ST1 umfasst hierbei die Spuren SP1 und SP2 und die Spurtrasse ST2 die Spuren SP3 und SP4.

[0024] An der gleichen Spur oder Spurtrasse angeordnete Weichen W werden häufig nacheinander von denselben Fahrzeugen durchfahren und damit in ähnlicher Weise beansprucht und abgenutzt. Darüber hinaus ist davon auszugehen, dass Weichen W, die sich in räumlicher Nähe zueinander befinden, ähnlichen Umgebungsbedingungen, insbesondere ähnlichen Witterungseinflüssen ausgesetzt sind. Somit sind Verhalten und damit Fehlfunktionen der betreffenden Weichen W häufig stark miteinander korreliert. Infolgedessen kann ein Verhalten bzw. eine Fehlfunktion einer ersten Weiche in vielen Fällen genauer detektiert und insbesondere vorhergesagt werden, indem ein bekanntes Verhalten von benachbarten oder ähnlichen Weichen ausgewertet wird. Insbesondere kann auf diese Weise häufig eine Fehlerursache identifiziert werden.

[0025] Zur Überwachung der Weichen W werden Betriebsdaten BD der Weichen W fortlaufend und weichenindividuell sensorisch erfasst. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel umfassen die Betriebsdaten BD insbesondere einen zeitlichen Verlauf einer Stromaufnahme oder Leistungsaufnahme eines jeweiligen Weichenantriebs sowie einen Aufstellort einer jeweiligen Weiche W. Viele Fehlerarten hinterlassen in diesem zeitlichen Verlauf eine charakteristische Signatur, anhand der Fehler detektiert und/oder identifiziert werden kann. So deutet eine erhöhte Stromaufnahme eines Weichenantriebs häufig auf eine Schwergängigkeit der Weiche hin, beispielsweise aufgrund einer Vereisung, eines Hindernisses und/oder einer Hemmung, z.B. durch einen eingeklemmten Stein.

[0026] Der zeitliche Verlauf der Stromaufnahme bzw. Leistungsaufnahme eines Weichenantriebs kann bei der betreffenden Weiche W oder in einem Stellwerk des Weichensystems WS erfasst werden.

[0027] Alternativ oder zusätzlich können die Betriebsdaten BD insbesondere physikalische, regelungstechnische, wirkungstechnische und/oder bauartbedingte Betriebsparameter, Eigenschaftsdaten, Leistungsdaten, Wirkungsdaten, Zustandsdaten, Konfigurationsdaten, Systemdaten, Vorgabewerte, Steuerdaten, Sensordaten, Messwerte, Umgebungsdaten, Wetterdaten, Temperaturdaten, Überwachungsdaten, Prognosedaten, Analysedaten, Wartungsdaten, Daten über eine Betriebsdauer der Weiche und/oder andere im Betrieb der Weiche anfallende oder für den Betrieb der Weiche relevante Daten umfassen.

[0028] Die Betriebsdaten BD werden durch Sendeeinrichtungen des Weichensystems WS drahtgebunden und/oder drahtlos zu einer zentralen Steuerung CTL des Weichensystems WS übermittelt. Die Sendeeinrichtungen sind jeweils einer Weiche W zugeordnet und können

bei der zugeordneten Weiche W oder im Stellwerk des Weichensystems WS angeordnet sein.

[0029] Die zentrale Steuerung CTL kann vorzugsweise als Zentralrechner im Stellwerk des Weichensystems WS und/oder zumindest teilweise in einer Cloud implementiert sein. Zum Steuern der Weichen W erzeugt die zentrale Steuerung CTL vorzugsweise abhängig von den empfangenen Betriebsdaten BD Steuerdaten SD und übermittelt diese zum Weichensystem WS.

[0030] Figur 2 zeigt eine erfindungsgemäße Anordnung zur Fehlerdetektion in einem Weichensystem in schematischer Darstellung. Dargestellt sind eine erste Weiche W1 des Weichensystems, für die eine Fehlerangabe abzuleiten ist sowie eine Vielzahl von anderen, zweiten Weichen W2 des Weichensystems anhand derer diese Fehlerangabe abgeleitet wird. Die Weichen W1 und W2 weisen jeweils Sensoren auf, die fortlaufend für die Weiche W1 Betriebsdaten BD1 sowie für die Weichen W2 jeweils Betriebsdaten BD2 erfassen.

[0031] Der Weiche W1 ist eine Sendeeinrichtung SE1 zugeordnet, die die erfassten Betriebsdaten BD1 drahtgebunden und/oder drahtlos zu einer zentralen Steuerung CTL übermittelt. Entsprechend ist den zweiten Weichen W2 jeweils eine Sendeeinrichtung SE2 zugeordnet, die die Betriebsdaten BD2 der jeweiligen zweiten Weiche W2 drahtgebunden und/oder drahtlos zur zentralen Steuerung CTL übermittelt. Aufgrund der Sendeeinrichtungen SE1 und SE2 sind zur Erfassung und Auswertung der Betriebsdaten BD1 und BD2 keine Servicetechniker vor Ort erforderlich.

[0032] Das vorerwähnte Weichensystem, die erste Weiche W1, die zweiten Weichen W2, die Betriebsdaten BD1 und BD2 sowie die zentrale Steuerung CTL können vorzugsweise wie in Zusammenhang mit Figur 1 beschrieben ausgestaltet sein.

[0033] Die zentrale Steuerung CTL verfügt über einen oder mehrere Prozessoren PROC zum Ausführen der Verfahrensschritte der Erfindung sowie über einen oder mehrere mit dem Prozessor PROC gekoppelte Speicher MEM zum Speichern der von der zentralen Steuerung CTL zu verarbeitenden Daten.

[0034] Die zentrale Steuerung CTL verfügt weiterhin über ein Simulationsmodul SIM, das dazu dient, mittels eines physikalischen Weichen-Simulationsmodells SM anhand der übermittelten Betriebsdaten einer Weiche ein dynamisches Betriebsverhalten dieser Weiche zu simulieren. Das Simulationsmodul kann insbesondere einen Weichenantrieb, einen Antriebsmotor, eine Kraftübertragung und/oder eine Weichenzunge der Weiche simulieren. Zu diesem Zweck werden die Betriebsdaten, hier BD1, der zu simulierenden Weiche, hier W1, dem Simulationsmodul SIM zugeführt. Die Simulation wird vorzugsweise parallel zum Betrieb der Weiche und vorteilhafterweise in Echtzeit ausgeführt.

[0035] Insbesondere bei Weichensystemen, die nur wenige oder verhältnismäßig junge Weichen umfassen, kann vorgesehen sein, dass mittels des Simulationsmodells SM oder eines anderen physikalischen Weichen-

Simulationsmodells virtuelle Betriebsdaten für eine Vielzahl virtueller Weichen generiert werden. Mit diesen generierten virtuellen Betriebsdaten können die Betriebsdaten BD2 der zweiten Weichen W2 ergänzt werden, um einen Bestand an Vergleichsdaten, mit denen die Betriebsdaten BD1 der ersten Weiche W1 verglichen werden können, zu erhöhen. Auf diese Weise können datengetriebene Simulations- und Prognoseverfahren häufig signifikant verbessert werden. Dabei kann die Anzahl der virtuellen Weichen abhängig von einer Anzahl der Weichen im Weichensystem und/oder abhängig von einem Betriebsalter dieser Weichen bestimmt werden.

[0036] Durch die zentrale Steuerung CTL wird ein Wissensgraph KG verwaltet, der vorzugsweise in einer Cloud C implementiert wird. Ein solcher Wissensgraph KG wird häufig auch als Knowledge Graph bezeichnet. Neben dem Wissensgraphen KG können auch Komponenten der zentralen Steuerung CTL ganz oder teilweise in die Cloud C ausgelagert sein oder dort implementiert sein.

[0037] Der Wissensgraph KG umfasst als Datenstrukturen eine Vielzahl von Knoten, die durch Kanten des Wissensgraphen KG vernetzt sind. Die Knoten sind jeweils einer Weiche des Weichensystems oder deren Weichenantrieb eindeutig zugeordnet, z.B. anhand einer Seriennummer der Weiche bzw. des Weichenantriebs.

[0038] Für alle Weichen, hier W1 und W2, des Weichensystems werden jeweils deren Betriebsdaten, hier BD1 bzw. BD2, in dem der jeweiligen Weiche W1 bzw. W2 zugeordneten Knoten gespeichert und/oder diesem zugeordnet. Ein jeweiliger Knoten des Wissensgraphen KG soll gewissermaßen als Datenzwilling der zugeordneten Weiche fungieren.

[0039] Im vorliegenden Ausführungsbeispiel werden insbesondere ein zeitlicher Verlauf der Strom- oder Leistungsaufnahme des Weichenantriebs einer jeweiligen Weiche und/oder ein Kraftaufwand oder eine Zeitdauer einer Weichenumstellung als Betriebsdaten erfasst und im jeweils zugeordneten Knoten gespeichert. Neben den aktuell erfassten und übermittelten Betriebsdaten der jeweiligen Weiche werden insbesondere auch Daten über deren Aufstellort, Wartungsdaten, Zustandsdaten, Umgebungsdaten, Daten über Betriebsalter oder Alterungszustand, technische Parameter und/oder historische Betriebsdaten der jeweiligen Weiche im zugeordneten Knoten gespeichert. Die historischen Betriebsdaten enthalten dabei vorzugsweise Angaben über eine Lasthistorie und/oder über aufgetretene Fehlfunktionen der betreffenden Weiche sowie vorzugsweise Abgaben über Fehlerursachen. Aus den im Wissensgraphen KG gespeicherten Betriebsdaten einer älteren Weiche oder eines älteren Weichenantriebs können bei sonst ähnlichen Betriebsdaten in vielen Fällen zutreffende Prognosen über ein zukünftiges Verhalten einer jüngeren Weiche abgeleitet werden.

[0040] Die Kanten des Wissensgraphen KG verbinden jeweils Knoten des Wissensgraphen KG. Einer Kante zwischen zwei oder mehreren Knoten können vorzugs-

weise Betriebsbeziehungen zwischen den zugeordneten Weichen zugeordnet werden. Derartige Betriebsbeziehungen zwischen mehreren Weichen können insbesondere deren Abfolge auf einer Spurtrasse und/oder eine andere Nachbarschaftsbeziehung oder Ähnlichkeitsbeziehung umfassen.

[0041] Die zentrale Steuerung CTL verfügt weiterhin über ein Überwachungsmodul MON zum Ermitteln einer Abweichung eines Betriebsverhaltens einer jeweiligen Weiche, hier W1, von einem Sollverhalten dieser Weiche. Dem Überwachungsmodul MON werden zu diesem Zweck die Betriebsdaten BD1 übermittelt. Das Betriebsverhalten der ersten Weiche W1 wird anhand der Betriebsdaten BD1 ermittelt und/oder zumindest teilweise durch das Simulationsmodul SIM simuliert. Das Sollverhalten der ersten Weiche W1 kann vorgegeben sein und/oder zumindest teilweise durch das Simulationsmodul SIM anhand der Betriebsdaten BD1 simuliert werden. Zur Simulation des Betriebsverhaltens bzw. des Sollverhaltens ist das Überwachungsmodul MON mit dem Simulationsmodul SIM gekoppelt. Betriebsverhalten und/oder Sollverhalten können jeweils durch einen zeitlichen Verlauf oder eine Signatur der Strom- oder Leistungsaufnahme der betreffenden Weiche oder ihres Weichenantriebs und/oder durch einen Kraftaufwand oder eine Zeitdauer einer Weichenumstellung oder durch andere Verhaltensmuster der betreffenden Weiche dargestellt werden.

[0042] Das Überwachungsmodul MON kann die Abweichung des Betriebsverhaltens der ersten Weiche W1 vom Sollverhalten beispielsweise dadurch feststellen, dass das Betriebsverhalten mit dem Sollverhalten verglichen wird, ein Abweichungsmaß ermittelt wird und geprüft wird, ob das Abweichungsmaß außerhalb eines vorgegebenen Toleranzbereiches oder oberhalb eines vorgegebenen Schwellwerts liegt.

[0043] Falls eine Abweichung des Betriebsverhaltens der ersten Weiche W1 von ihrem Sollverhalten durch das Überwachungsmodul MON festgestellt wird, veranlasst das Überwachungsmodul MON eine Abfrage der Betriebsdaten BD2 der zweiten Weichen W2 sowie einen Vergleich der Betriebsdaten BD1 der ersten Weiche W1 mit den abgefragten Betriebsdaten BD2 der zweiten Weichen W2. Das Auslösen der Abfrage und des Vergleichs ist in Figur 2 durch einen strichlierten Pfeil angedeutet.

[0044] Im Rahmen des Vergleichs können durch Mustererkennungsverfahren Betriebsdatenmuster oder Signaturen erfasst und verglichen werden. Bei einem jeweiligen Vergleich wird jeweils ein Abstandsmaß D für einen Abstand der jeweils verglichenen Betriebsdaten oder Betriebsdatenmuster als Vergleichsergebnis ermittelt. Ein jeweiliges Abstandsmaß D wird hierbei für einen jeweiligen Abstand zwischen den Betriebsdaten BD1 der ersten Weiche W1 und den Betriebsdaten BD2 einer jeweiligen zweiten Weiche W2 ermittelt. Die Abstandsmaße D können auch als Ähnlichkeitsmaße aufgefasst werden.

[0045] Im vorliegenden Ausführungsbeispiel werden Abstände bzw. Ähnlichkeiten zwischen Betriebsdaten

und/oder Betriebsdatenmustern insbesondere hinsichtlich einer Strom- bzw. Leistungsaufnahme eines Weichenantriebs, eines Aufstellorts, einer Zugehörigkeit zu einer Spurtrasse, eines Betriebsalters und/oder eines Alterungszustands einer jeweiligen Weiche ermittelt. Zur Berechnung des Abstandsmaßes D kann ein euklidischer oder gewichteter Abstand zwischen Betriebsdatenvektoren oder Betriebsdatenteilvektoren ermittelt werden. Bei einem gewichteten Abstand können vorzugsweise betriebsdatenspezifische oder betriebsdatentypspezifische Gewichte verwendet werden. Alternativ oder zusätzlich können zur Berechnung des Abstandsmaßes D auch logische Abstände ermittelt werden. So können insbesondere bei einem stark verzweigten Spurnetz, z.B. vor einem Bahnhof, bedingte Wahrscheinlichkeiten oder Korrelationen dafür berechnet werden, dass ein Zug der über eine erste Weiche fährt dann auch über eine zweite Weiche fährt. In dieser Hinsicht stark korrelierten Weichen kann dann ein geringerer Abstand zugeordnet werden als entsprechend schwächer korrelierten Weichen.

[0046] Die vorstehenden Vergleiche dienen dem Zweck, diejenige oder diejenigen der zweiten Weichen W2 zu finden, die der ersten Weiche W1 besonders ähnlich sind, sich besonders ähnlich zu ihr verhalten und/oder gleiche oder ähnliche Signaturen in den Betriebsdaten aufweisen. Insbesondere werden diejenigen der zweiten Weichen W2 gesucht, die sich in einem früheren Zeitabschnitt ähnlich zur ersten Weiche W1 verhalten haben. Anhand eines bekannten weiteren Verhaltens der so gefundenen zweiten Weichen können in vielen Fällen zutreffende Prognosen über das weitere Verhalten der ersten Weiche W1 abgeleitet werden. Darüber hinaus können bei den zweiten Weichen erkannte Fehlerursachen häufig als wahrscheinliche Fehlerursache für die erste Weiche W1 identifiziert werden.

[0047] Die Vergleiche bzw. die Ähnlichkeitssuche werden vorzugsweise auf dem Wissensgraphen KG in der Cloud C durchgeführt.

[0048] Die Abstandmaße D werden einer Selektionseinrichtung SEL der zentralen Steuerung CTL zugeführt. Darüber hinaus werden zur Selektionseinrichtung SEL auch die Betriebsdaten BD2 der zweiten Weichen W2 übermittelt. Durch die Selektionseinrichtung SEL werden anhand der Abstandmaße D und der Betriebsdaten BD2 eine oder mehrere zweite Weichen W2 selektiert, deren Betriebsdaten BD2 einen geringen oder einen geringsten Abstand D zu den Betriebsdaten BD1 der ersten Weiche W1 haben. Als Selektionskriterium kann hierbei zum Beispiel geprüft werden, ob ein jeweiliger Abstand D geringer als ein vorgegebener Schwellwert oder geringer als alle anderen Abstände D ist.

[0049] Im vorliegenden Ausführungsbeispiel wird das Abstandsmaß D spezifisch so berechnet, dass bei sonst ähnlichen Betriebsdaten bevorzugt diejenige oder diejenigen Weichen W2 selektiert werden, die auf der gleichen Spur oder Spurtrasse wie die erste Weiche W1 liegen und/oder die sich in räumlicher Nähe zur ersten Weiche

W1 befinden. Wie oben bereits erwähnt, sind das Verhalten und damit die Fehlfunktionen derartiger zweiter Weichen W2 aufgrund der ähnlichen Betriebsbedingungen häufig stark mit Verhalten und Fehlfunktionen der ersten Weiche W1 korreliert.

[0050] Die Selektionseinrichtung SEL übermittelt Betriebsdaten SBD2 der mindestens einen selektierten und damit zur ersten Weiche W1 ähnlichen zweiten Weiche W2 zu einem Fehlerdetektionsmodul FDM. Sofern mehrere ähnliche zweite Weichen W2 selektiert werden, können deren Betriebsdaten z.B. mittels Interpolation oder Extrapolation kombiniert werden.

[0051] Dem Fehlerdetektionsmodul FDM werden weiterhin die Betriebsdaten BD1 der ersten Weiche W1 übermittelt. Anhand der Betriebsdaten SBD2 der mindestens einen selektierten zweiten Weiche W2 sowie der Betriebsdaten BD1 der ersten Weiche W1 leitet das Fehlerdetektionsmodul FDM eine Fehlerangabe FA1 für die erste Weiche W1 ab. Die Fehlerangabe FA1 umfasst hierbei vorzugsweise eine Fehlerursache für einen aufgetretenen Fehler und/oder eine Fehlerprognose für einen oder mehrere zu erwartende Fehler. Die Fehlerangabe FA1 wird durch die zentrale Steuerung ausgegeben und kann zur vorausschauenden Steuerung des Weichensystems verwendet werden.

[0052] Eine Fehlerursache für die erste Weiche W1 kann beispielsweise abgeleitet werden, indem die zu den Betriebsdaten BD1 ähnlichen Betriebsdaten SBD2 nach einer dort hinterlegten Fehlerursache durchsucht werden und diese als wahrscheinliche Fehlerursache für die erste Weiche W1 ausgegeben wird. In ähnlicher Weise können die Betriebsdaten SBD2 nach aufgetretenen Fehlern durchsucht werden und gefundene Fehler als Fehlerprognose für die erste Weiche W1 ausgegeben werden.

[0053] Die vorstehend beschriebene Erfindung erlaubt auf einfache Weise eine effiziente und detaillierte Detektion von Fehlern und deren wahrscheinlicher Ursache sowie eine Prognose von zu erwartenden Fehlern. Auf diese Weise können Fehlersuche und Wartung eines Weichensystems in vielen Fällen erheblich verkürzt und fehlerspezifische Gegenmaßnahmen frühzeitig eingeleitet werden. Insbesondere kann Wartungspersonal anhand der ausgegebenen Fehlerangabe darüber informiert werden, welches fehlerspezifische Werkzeug zur Wartung benötigt wird. Weiterhin können die ausgegebenen Fehlerangaben dazu dienen, ein Ausfallrisiko, eine noch verbleibende Betriebszeit und/oder einen Schweregrad eines Fehlers abzuschätzen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Fehlerdetektion in einem über mindestens eine Spurtrasse (ST1, ST2) verteilten Weichensystem (WS) mit mehreren Weichen (W, W1, W2), wobei

a) für die Weichen (W, W1, W2) des Weichen-

- systems (WS) jeweils Betriebsdaten (BD, BD1, BD2) der betreffenden Weiche erfasst und zu einer zentralen Steuerung (CTL) übermittelt werden und
- b) durch die zentrale Steuerung (CTL) für eine jeweilige erste Weiche (W1) des Weichensystems (WS)
- anhand der Betriebsdaten (BD1) der ersten Weiche (W1) eine Abweichung eines Betriebsverhaltens der ersten Weiche (W1) von einem Sollverhalten ermittelt wird,
 - bei Vorliegen einer Abweichung Betriebsdaten (BD1) der ersten Weiche (W1) mit Betriebsdaten (BD2) anderer, zweiter Weichen (W2) des Weichensystems (WS) verglichen werden,
 - abhängig von den Vergleichsergebnissen (D) eine zweite Weiche mit ähnlichen Betriebsdaten (SBD2) selektiert wird,
 - anhand der Betriebsdaten (SBD2) der selektierten zweiten Weiche eine Fehlerangabe (FA1) für die erste Weiche (W1) abgeleitet wird, und
 - die Fehlerangabe (FA1) für die erste Weiche (W1) ausgegeben wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die für eine jeweilige Weiche (W, W1, W2) erfassten Betriebsdaten (BD, BD1, BD2) durch eine dieser Weiche zugeordnete Sendeeinrichtung (SE1, SE2) zur zentralen Steuerung (CTL) übermittelt werden.
 3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** in den Betriebsdaten (SBD2) der selektierten zweiten Weiche eine Angabe über eine Fehlerursache gesucht wird, und falls eine solche Angabe gefunden wird, die gefundene Angabe als Fehlerangabe für die erste Weiche (W1) ausgegeben wird.
 4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** in den Betriebsdaten (SBD2) der selektierten zweiten Weiche eine Angabe über einen aufgetretenen Fehler gesucht wird, und falls eine solche Angabe gefunden wird, die gefundene Angabe als Fehlerprognose für die erste Weiche (W1) ausgegeben wird.
 5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Betriebsdaten (BD, BD1, BD2) einer jeweiligen Weiche (W, W1, W2) einen zeitlichen Verlauf einer Stromaufnahme und/oder einen zeitlichen Verlauf einer Leistungsaufnahme eines Weichenantriebs der jeweiligen Weiche umfassen.
 6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Betriebsverhalten und/oder das Sollverhalten der jeweiligen ersten Weiche (W1) mittels eines physikalischen Simulationsmodells (SM) der ersten Weiche (W1) anhand der Betriebsdaten (BD1) der ersten Weiche (W1) simuliert wird.
 7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mehrere zweite Weichen selektiert werden, deren Betriebsdaten (SBD2) ähnlich zu den Betriebsdaten (BD1) der ersten Weiche (W1) sind, und **dass** die Betriebsdaten (SBD2) der selektierten zweiten Weichen zum Ableiten der Fehlerangabe (FA1) kombiniert werden.
 8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** beim Vergleich von Betriebsdaten (BD1) einer jeweiligen ersten Weiche (W1) mit Betriebsdaten (BD2) einer jeweiligen zweiten Weiche (W2) ein Abstandsmaß (D) für einen Abstand zwischen den jeweils verglichenen Betriebsdaten ermittelt wird und/oder Betriebsdatenmuster durch ein Mustererkennungsverfahren ermittelt und verglichen werden.
 9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** durch die zentrale Steuerung (CTL) ein Wissensgraph (KG) verwaltet wird, dessen Knoten jeweils einer Weiche (W, W1, W2) des Weichensystems (WS) zugeordnet sind, und **dass** Betriebsdaten (BD, BD1, BD2) einer jeweiligen Weiche in Zuordnung zu einem dieser Weiche zugeordneten Knoten gespeichert werden.
 10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mittels eines physikalischen Simulationsmodells (SM) virtuelle Betriebsdaten für eine Vielzahl von virtuellen Weichen generiert werden, und **dass** die virtuellen Betriebsdaten wie Betriebsdaten der zweiten Weichen (W2) verwendet werden.
 11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Anzahl der virtuellen Weichen abhängig von einer Anzahl und/oder einem Alter der Weichen (W, W1, W2) des Weichensystems (WS) bestimmt wird.
 12. Anordnung zur Fehlerdetektion in einem über mindestens eine Spurtrasse (ST1, ST2) verteilten Weichensystem (WS), eingerichtet zum Ausführen eines Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche.

13. Computerprogrammprodukt eingerichtet zum Ausführen eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 11.

14. Computerlesbares Speichermedium mit einem Computerprogrammprodukt nach Anspruch 13.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

FIG 1

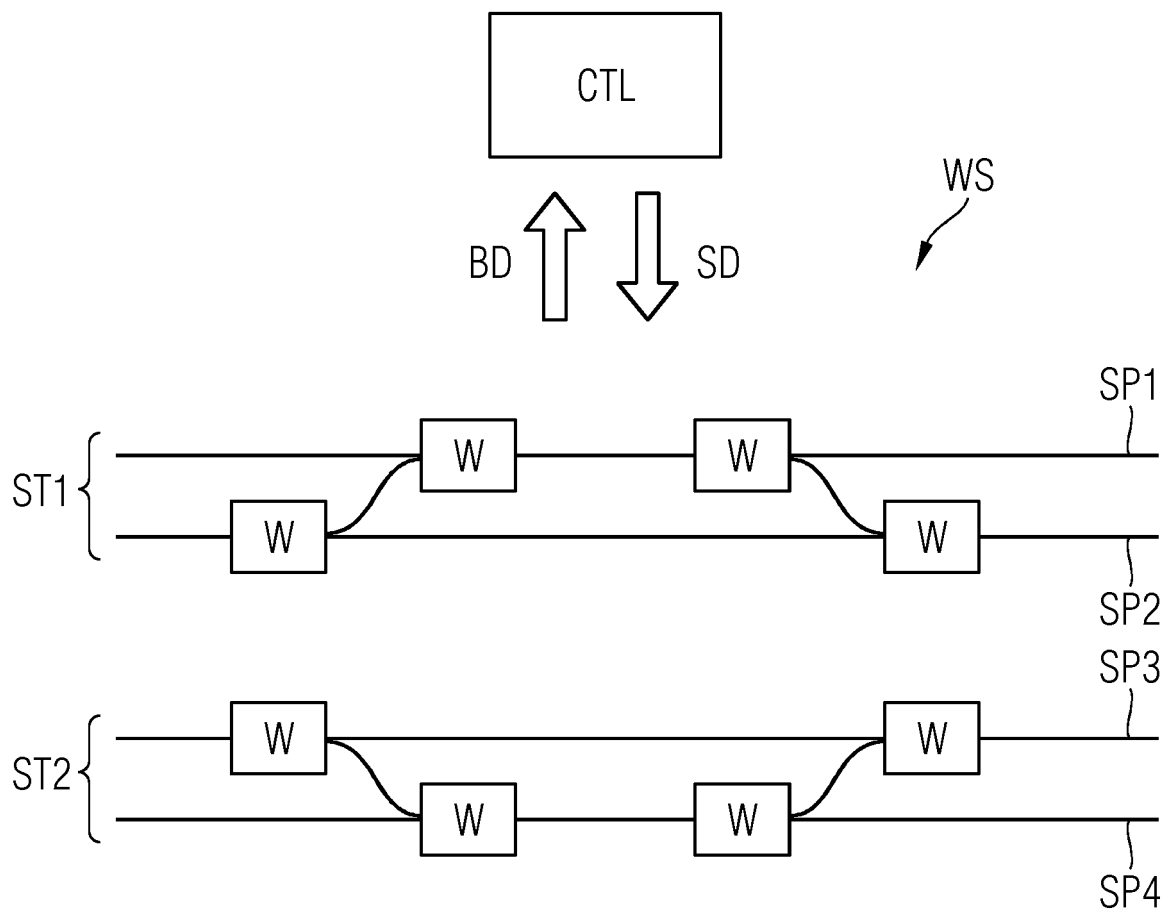
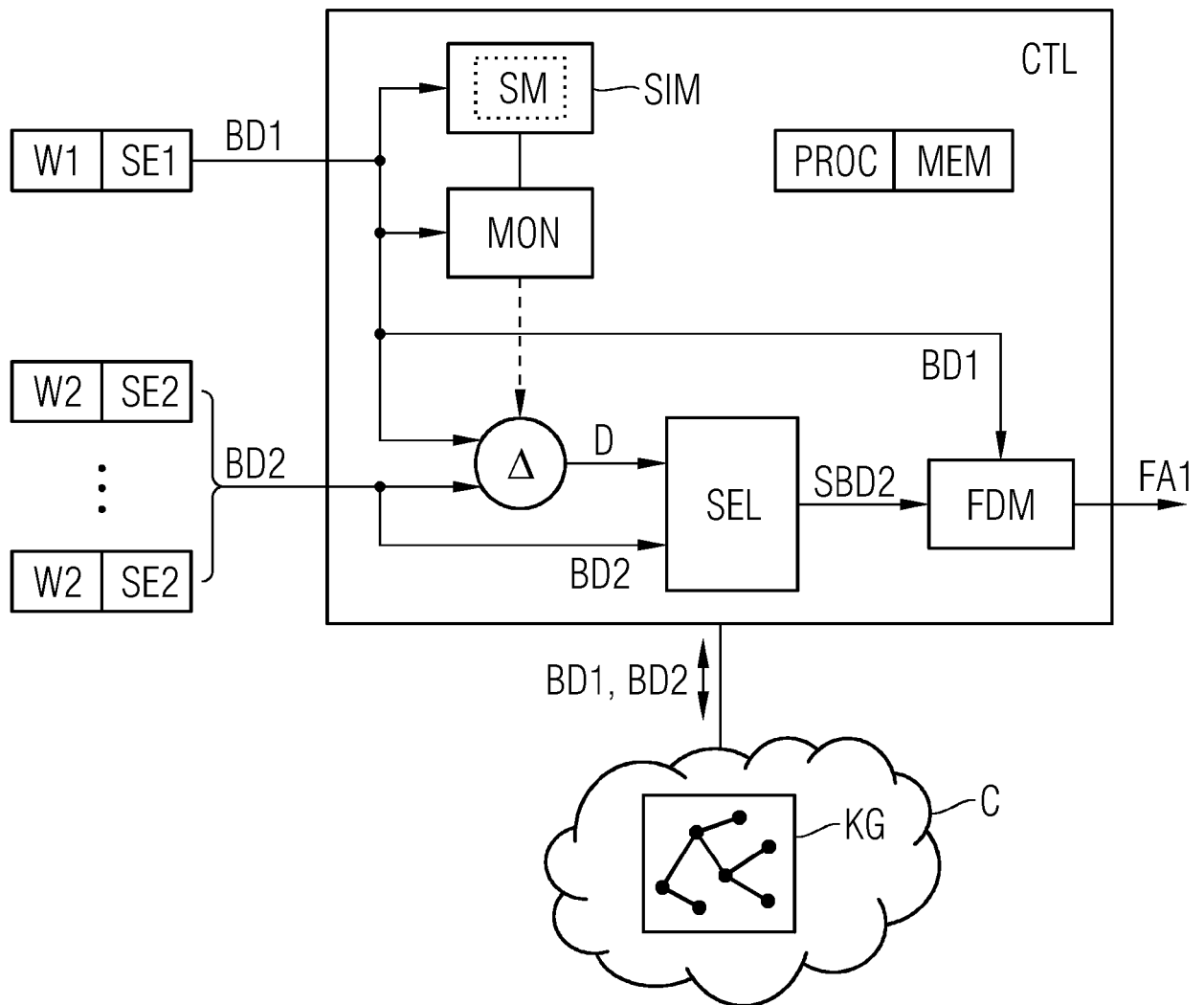


FIG 2





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 18 17 0074

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	CN 101 513 884 A (CASCO SIGNAL CO LTD [CN]) 26. August 2009 (2009-08-26)	1-9, 12-14	INV. B61L27/00
A	* das ganze Dokument *	10,11	B61L7/08

A	CN 106 017 954 A (NANJING YAXIN TECH GROUP CO LTD) 12. Oktober 2016 (2016-10-12)	1-14	
	* Anspruch 1 *		

A	KÖRKEMEIER H ET AL: "Weichendiagnose Switchguard Sidis W compact", SIGNAL + DRAHT, DVV, Bd. 103, Nr. 4, 1. April 2011 (2011-04-01), Seiten 6-10, XP001560516, ISSN: 0037-4997	1-14	
	* Absätze 1 und 7 *		

			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B61L
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 29. Oktober 2018	Prüfer Plützer, Stefan
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 : nichtschriftliche 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	

1

EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)

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

EP 18 17 0074

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.

29-10-2018

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	CN 101513884 A	26-08-2009	KEINE	
	-----	-----	-----	-----
15	CN 106017954 A	12-10-2016	KEINE	
	-----	-----	-----	-----
20				
25				
30				
35				
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

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