

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

**EP 0 965 513 A2**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
**22.12.1999 Patentblatt 1999/51**

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: **B61L 3/22**

(21) Anmeldenummer: **99111399.4**

(22) Anmeldetag: **11.06.1999**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL LT LV MK RO SI**

(30) Priorität: **18.06.1998 DE 19827138**

(71) Anmelder:  
• **Klinge, Karl-Albrecht Dr.-Ing.  
39104 Magdeburg (DE)**

• **Röver, Stefan Dipl.-Ing.  
39104 Magdeburg (DE)**

(72) Erfinder:  
• **Klinge, Karl-Albrecht Dr.-Ing.  
39104 Magdeburg (DE)**  
• **Röver, Stefan Dipl.-Ing.  
39104 Magdeburg (DE)**

(74) Vertreter: **Leinung, Günter  
Patentanwalt,  
Olvenstedter Strasse 15  
39108 Magdeburg (DE)**

### (54) Verfahren zur Konsistenzprüfung linienförmig angelegter Information

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Konsistenzprüfung von Informationen über Linienführungen und ihren Verbindungsparametern und/oder Linienführungen zuordbaren Eigenschaften in einer topologisch orientierten Datenstruktur durch Nutzung diversitärer Redundanz in der Informationsaufnahme, wobei gemäß einem ersten Verfahrensschritt die Linienführungen mitsamt ihren direkt zuordbaren Eigenschaften bei Bedarf aus Überhöhung, Krümmung, Steigung, Richtung, Spurweite, Ober- und Unterbaucharakteristik, Lichtraumprofil und den durch Nachbarschaft der Linienführung zuordbaren Objekten bei Bedarf aus Bahnübergängen, bautechnischen und signaltechnischen Infrastrukturen und ihren Eigenschaften zumindest ein- oder mehrkanalig in auf einen Raum oder einen definierten geometrischen Körper oder eine Ebene bezogenen Koordinaten aufgenommen und beschrieben werden.

Gemäß einem zweiten Verfahrensschritt werden Informationen über die Linienführungen mitsamt ihren direkt zuordbaren Eigenschaften und den durch Nachbarschaft der Linienführung zuordbaren Objekten und ihren Eigenschaften zumindestens ein- oder mehrkanalig, ausgehend von einem Startreferenzort hin zu einem Zielreferenzort, auf der Linienführung während einer Entlangbewegung an der Linienführung direkt aufgenommen.

**EP 0 965 513 A2**

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Konsistenzprüfung, der Prüfung auf Widerspruchslosigkeit, linienförmig angelegter Informationen und dient zur Erzeugung konsistenzgeprüfter, digitaler Informationen in einer topologisch orientierten Datenstruktur für den spurgebundenen Verkehr.

[0002] Die auf dem Gebiet der Ortung und Sicherung im spurgebundenen Verkehr angewandten Verfahren beziehen sich bislang vorrangig auf physikalisch geprägte Lösungen, wobei bei der Bestimmung der Ortsgenauigkeit der Züge solche Verfahren und Methoden wie das Blocksicherungsverfahren, die Linienzugbeeinflussung und der Hochleistungsblock mit Linienzugbeeinflussung Anwendung finden.

[0003] Das Grundprinzip der Abstandshaltung, auf dem die derzeit verwendeten Formen basieren und von den meisten Bahnen angewendet werden, ist das Fahren im konstanten Raumabstand. Dieses wird technisch über physikalisch auf der Strecke installierte Blockabschnitte im Blocksicherungsverfahren durchgeführt, wobei die Fahrwege in einzelne Blockabschnitte unterteilt werden müssen, wenn der Bremsweg vor einem Gefahrenpunkt nicht mehr vollständig einsehbar ist oder eine sichere Abstandshaltung der Züge zueinander sichergestellt werden muß - Blockschutz des Zuges -.

[0004] Bei der bekannten Linienzugbeeinflussung (LZB) handelt es sich um eine direkte, kontinuierliche Zugbeeinflussung zur Überwachung von Bremsvorgängen und zur Führung des Zuges selbst. Die Steuerung des Zuges erfolgt durch den Datenaustausch zwischen dem LZB-Fahrzeuggerät und den LZB-Streckenzentralen. Dabei wird im Betriebsverfahren der Übergang von der Fahrwegsignalisierung zur Führerstandssignalisierung vollzogen.

Die nach dieser Methode ermittelten Daten werden zusammen mit den statischen Fahrzeugdaten - Bremsart, Bremschundertstel, Zuglänge - an die LZB-Streckenzentrale gemeldet.

Aus diesen und den entsprechenden Daten der anderen Züge sowie den aktuellen Streckendaten werden von der LZB-Streckenzentrale für jeden Zug individuelle Fahrbefehle erzeugt und an diese übertragen.

[0005] Mit dem Hochleistungsblock mit Linienzugbeeinflussung (HLB) wird ein weiterer Schritt auf dem Weg zum Fahren im absoluten Bremswegabstand - mobiler Block - begangen. Diese Methode (HLB) stellt eine Weiterentwicklung der Linienzugbeeinflussung dar, ihre Anwendung ist jedoch mit erheblichen Kosten für Ausrüstung und Instandhaltung der Strecken verbunden.

[0006] Die Sicherung der Zugfahrten wird heute weitestgehend durch Stellwerke vorgenommen, die die Topologie der Blocksicherungsverfahren oder anderer physikalischer Streckeneinrichtungen abbilden. Die wahren Längen der topologisch verbundenen Blöcke sind dabei nicht bekannt und als Information bislang auch nicht notwendig, weil ausreichende Bremswege

durch den Abstand zwischen Vor- und Hauptsignal garantiert sind.

[0007] Wird der Befahrzustand nun nicht mehr durch am Fahrweg installierte physikalische Komponenten auf die Topologie des Blocksicherungsverfahrens umgelegt, sondern von den Fahrzeugen eine abstrakte Ortungsinformation geliefert, muß diese im Stellwerk wieder auf der Basis von konsistenzgeprüften digitalen Infrastrukturinformationen auf einen Streckenatlas abgebildet werden, damit hier auf der Grundlage aller Ortungsinformationen der Fahrzeuge und den - bisher nicht sicherheitsrelevant vorhandenen - wahren Längen des Fahrzeuges sowie der Fahrwegtopologie die Abstandssicherung der Fahrzeuge vorgenommen werden kann.

[0008] Es handelt sich also bisher um Sicherungssysteme, die durch physikalische Komponenten repräsentiert werden.

[0009] Bei Verzicht auf die physikalisch repräsentierte Sicherung ist nunmehr die Sicherung in der Information zu suchen, die z. B. eine streckenbezogene Sensorinformation referenziert.

Diese Zulassung setzt aber eine Diversität in der Informationsaufnahme voraus. Diversitär aufgenommene Informationsbestände werden dann durch Konsistenzprüfungen gesichert.

[0010] Insbesondere für die dezentrale Steuerung des Fahrbetriebes im Bahnwesen sind auf den Fahrzeugen elektronische Streckennachbildungen in Form sogenannter Streckenatlanten notwendig, in denen mindestens für ausgewählte Streckenpunkte Datensätze hinterlegt sind, die die Ortsposition des betreffenden Streckenpunktes und gegebenenfalls weitere für den Bahnbetrieb relevante Daten wie z. B. Gleisneigungen, Kurvenradien und/oder Streckenhöchstgeschwindigkeiten beinhalten. Da diese Daten mindestens mittelbar Einfluß nehmen auf die Fahrzeugsteuerung, ist es notwendig, nicht nur dafür zu sorgen, daß die jeweils richtigen und aktuellen Daten im Streckenatlas hinterlegt sind, sondern es muß auch sichergestellt sein, daß nur die Daten, die für einen bestimmten Streckenpunkt hinterlegt wurden, bei der Bearbeitung dieses Streckenpunktes abgefragt und bewertet werden.

Keinesfalls darf es vorkommen, daß, z. B. infolge eines Adressierungsfehlers, Daten abgerufen und verarbeitet werden, die z. B. dem jeweils behandelten Streckenpunkt tatsächlich nicht zugeordnet sind.

[0011] Aus der punktförmigen Zugbeeinflussung ist bekannt, entlang der Strecke punktförmige Übertragungseinrichtungen anzuordnen, die dazu dienen, einem vorüberlaufenden Fahrzeug die aktuelle Ortsposition und gegebenenfalls weitere, für den Fahrbetrieb wichtige Informationen, zu übermitteln.

[0012] Hierzu sieht die DE 21 24 089 vor, daß die einzelnen punktförmigen Übertragungseinrichtungen neben der eigentlichen Ortsposition mindestens auch die Entfernung bis zur folgenden Übertragungseinrichtung an die vorüber laufenden Fahrzeuge übermitteln.

Somit liegen Erkenntnisse vor, wo die Fahrzeuge beim Vorrücken neue Daten zu erwarten haben.

Treffen diese Daten nicht ein, so kann ein Fahrzeug daraus auf einen Defekt oder eine Störung schließen und sein Fahrverhalten unter Worstcaseannahme dieser Situation anpassen.

Diese bekannte Einrichtung ist nur dazu geeignet, den Ausfall einer Übertragungseinrichtung zu erkennen, nicht jedoch, ob die jeweils übermittelten Daten auch tatsächlich die Daten sind, die dem Fahrzeug übermittelt werden sollen, wobei diese Angaben der Fahrtortermittlung dienen, aber nicht auf die Konsistenzprüfung derartiger Informationen, bezogen auf einen Streckenatlas, auch wird in der gesamten Beschreibung in keiner Weise eine Konsistenzprüfung erwähnt noch beschrieben.

**[0013]** Ferner ist mit der DE 196 11 775 A 1 ein Verfahren zur Eigenortung eines spurgeführten Fahrzeuges und eine Einrichtung zu seiner Durchführung bekannt geworden, bei dem davon ausgegangen wird, daß eine gewisse Referenzstreckenabbildung bereits vorliegt, um jedoch eine exakte Aussage treffen zu können, muß diese Referenzstreckenabbildung der richtigen Strecke auch zuordbar sein. Insofern müssen auch diese Daten vor ihrer Verwendung konsistenzgeprüft werden, worauf die bekannte Lösung nicht eingeht.

**[0014]** Das Verfahren zur Eigenortung eines spurgeführten Fahrzeuges und Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach der DE 196 11 774 A 1 bezieht sich darauf, daß für die Eigenortung des Fahrzeuges Satellitennavigation zur Anwendung kommt, die bei Ausfall für die Dauer des Ausfalls durch Korrelation von Radarsignalabbildungen des Gleitbettes ersetzt werden, die von einer Referenzfahrt und der aktuellen Fahrt stammen. Der Unterschied im voran gegangenen Verfahren besteht darin, daß sich dieses auf die Nutzung von Radarsignalen bezieht. Um hier eine ausreichende Sicherheit zu haben, müssen auch diese Daten vor ihrer Verwendung konsistenzgeprüft werden bzw. sein, worauf die Lösung doch in keiner Weise Bezug nimmt.

**[0015]** Die mit der DE 195 32 104 C 1 vorgestellte Lösung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Bestimmung der Position wenigstens einer Stelle eines spurgeführten Fahrzeuges, welches darauf gestützt ist, daß mindestens zwei Informationen vorhanden sein müssen, nämlich das Objekt - Ortsverzeichnis - und der Streckenverlauf, um dieses Verfahren anwenden und realisieren zu können. Bei dieser beschriebenen Lösung wird vorausgesetzt, daß diese beiden Informationen vorliegen und auch konsistent sind, dies bezogen auf ihre Verwendung, jedoch werden keine Informationen über die Form und Durchführung eines diversitären Verfahrens zur Konsistenzprüfung der Ausgangsinformationen gegeben.

**[0016]** In Verbesserung dieser bereits bekannten Lösungen wurde ferner ein Verfahren gemäß der DE 197 32 488 A 1 zur Ermittlung von Fahrzeugpositionen in einem Streckenatlas bekannt, bei dem in dem Streck-

kenatlas die vom Fahrzeug befahrene Strecke in Form von ortsspezifischen Datensätzen hinterlegt ist, wobei jeder Datensatz einen bestimmten Streckenpunkt und gegebenenfalls weitere Orts- und/oder Streckenspezifika beschreibt, dies in der Form, daß für jeden Streckenpunkt zusätzlich zu seinen eigenen Daten mindestens auch die Daten des im von ihm befahrenen Fahrweg folgenden Streckenpunktes und die Adressen hinterlegt sind, unter denen die Daten des mindestens einen folgenden Streckenpunktes im Streckenatlas abgelegt sind und das eine durch Zugriff auf diese Daten ermittelte Positionsangabe nur erkannt wird, wenn die dabei gefundenen Daten inhaltlich übereinstimmen mit den im aufrufenden Streckenpunkt für den aufgerufenen Streckenpunkt hinterlegten Daten.

Mit dieser Lösung sollen ungewollte Veränderungen der bereits im Datenspeicher vorliegenden Informationen eines Streckenpunktes beim Abrufen der betreffenden Daten erkannt werden. Diese sind jedoch nicht geeignet zur Konsistenzprüfung der Ausgangsinformationen über Linienführungen.

**[0017]** Es ist daher Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zu entwickeln, mit dem eine Konsistenzprüfung von Informationen über Linienführungen sowie ihren Verbindungsparametern und Linienführungen zuordbaren Eigenschaften in einer topologisch orientierten Datenstruktur durch Nutzung diversitärer Redundanz in der Informationsaufnahme möglich ist.

**[0018]** Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

**[0019]** Besondere Ausgestaltungen und vorteilhafte Lösungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

**[0020]** Gemäß der Erfindung wurde ein Verfahren entwickelt, mit dem eine Konsistenzprüfung linienförmig angelegter Informationen möglich ist und das zur Erzeugung konsistenzgeprüfter, digitaler Informationen in einer topologisch orientierten Datenstruktur für den spurgebundenen Verkehr dient.

**[0021]** Dabei ist das Verfahren dadurch gekennzeichnet, daß zum einen die Linienführung und ihre Eigenschaften nach geometrisch orientierten Verfahren aufgenommen werden und diese Geometrie in eine topologisch orientierte Datenstruktur der Linienführung und ihrer Eigenschaften abgebildet werden und daß zum anderen diese Informationen auf der Linienführung direkt während der Entlangbewegung aufgenommen werden und diese Informationen ebenfalls in eine topologisch orientierte Datenstruktur der Linienführung und ihrer Eigenschaften ausgebildet werden.

Diese so nebeneinander in diversitärer Redundanz erzeugten Informationen werden auf Konsistenz geprüft und im Falle der Konsistenz der Weiterverarbeitung zugeführt.

Dies erfolgt im einzelnen in zumindest zwei unabhängigen Verfahrensschritten derart, daß im ersten Schritt die Linienführungen aufgenommen und mitsamt ihrer Eigenschaften in auf einen geometrischen Körper wie z.

B. einen Bezugsellipsoiden, auf einen Raum oder eine Ebene bezogenen Koordinaten beschrieben und die Beschreibungen der Linienführungen in eine topologisch orientierte Datenstruktur der Linienführungen als Knoten und Kanten mit ihren Verbindungsparametern abgebildet und die bezogenen Eigenschaften und Objekte null oder eindimensional in Linienkoordinaten als Identitäten der Kanten und auf die Kanten bezogenen Längenangaben dieser Struktur zugeordnet werden.

**[0022]** Der zweite Verfahrensschritt ist dadurch gekennzeichnet, daß zum anderen Informationen über die Linienführungen und ihre Eigenschaften, ausgehend von einem Startreferenzort, auf der Linienführung während einer Entlangbewegung an der Linienführung hin zu einem Zielreferenzort direkt aufgenommen werden.

Diese Informationen werden vollständig oder teilweise in der Topologie der Start- und Zielreferenzorte aufgebaut und daraus ebenfalls die Verbindungsparameter in der topologisch orientierten Datenstruktur bestimmt.

**[0023]** Bei den Eigenschaften der Linienführungen handelt es sich dabei um Eigenschaften der Linienführungen selbst wie z. B. Überhöhung, Krümmung, Steigung, Oberbau- und Unterbaucharakteristika, Infrastrukturelemente, Richtung, Spurweite der Linienführung sowie um der Linienführung durch Nachbarschaft direkt zuordbare Objekte und deren Eigenschaften, wobei z.B. an der Strecke gelegene signaltechnische Infrastrukturen, Bahnübergänge oder bautechnische Infrastrukturen wichtig sind.

**[0024]** Ferner ist erfinderisch, daß die nach den beiden Verfahrensschritten so nebeneinander in diversitärer Redundanz erzeugten Informationen über die Linienführungen ihrer Verbindungsparameter und ihre Eigenschaften gegeneinander auf Konsistenz geprüft werden und daß je nach Kategorie der Informationen die Konsistenzprüfung bei Eigenschaften mit Gefahrenpotential off-line oder als Quittierung erfolgt, bevor die Informationen an sicherheitsverantwortlicher Stelle genutzt werden.

**[0025]** Es gehört ferner zur Erfindung, daß die Meßunsicherheiten aller Schritte von der Aufnahme der Linienführung und ihrer Eigenschaften in auf einen Raum oder einen geometrischen Körper z. B. WGS 84-Ellipsoid oder eine Ebene bezogenen Koordinaten bis hin zur Ablage in einer topologisch orientierten Datenstruktur deterministisch sind und quantitativ bereitgestellt werden können.

Die Meßunsicherheiten aller Schritte von der an der Linienführung sich entlang bewegenden Aufnahme der Informationen über die Linienführung und ihrer Eigenschaften bis zu einem Vergleich mit anderen Informationen oder der Ablage in einer topologisch orientierten Datenstruktur sind ebenfalls deterministisch und können quantitativ bereitgestellt werden.

Dabei werden diese Meßunsicherheiten miteinander bei der Konsistenzprüfung zu einer Meßunsicherheit

der fortan als konsistenzgeprüft geltenden Informationen verknüpft oder bei groben Abweichungen die diversitären Ausgangsinformationen zur Nachprüfung vorgeschlagen. Die Aufnahme der auf einen Raum oder einen geometrischen Körper oder eine Ebene bezogenen Koordinaten der Linienführung und ihrer Eigenschaften erfolgt z. B. mit Satellitenortung und/oder zusätzlichen Sensoren für die Detektion der Eigenschaften der Spurführung und/oder aus Bauzeichnungen.

Mehrere Methoden dieser Informationsaufbereitung, z.B. durch Bauzeichnungen und Satellitenortung, sichern Mehrkanaligkeit schon bei diesem ersten Weg der Informationsgewinnung.

**[0026]** Mit dem nachfolgenden Ausführungsbeispiel soll die Erfindung näher erläutert werden.

**[0027]** Die dazugehörige Zeichnung zeigt in

Figur 1: die Darstellung einer in Grundrißelementen aufgelösten Gleisachse im Grundriß,

Figur 2: die aus Figur 1 abgeleiteten Gleiskanten zwischen topologischen Punkten,

Figur 3: die Gleiskanten zwischen topologischen Punkten nach Figur 2 mit dazugehörigen Eigenschaften,

Figur 4: die abstrakten, topologischen Gleiskanten mit linien- und punktförmigen Eigenschaften zwischen topologischen Gleisknoten

Figur 5: eine abstrakte Gleisachse zwischen zwei Referenzpunkten,

Figur 6: eine schematische Darstellung der beiden Verfahrenswege.

**[0028]** Der bei der Ortung spurgebundener Fahrzeuge verwendete Streckenatlas ermöglicht, wie bereits oben ausgeführt, die informationstechnische Zuordnung zur Linie, daß heißt, der Streckenatlas stellt einen informationstechnischen Bezug dar, der auf Konsistenz (Widerspruchslosigkeit) geprüft werden muß.

**[0029]** Um nun für die diversitäre Aufnahme und die anschließende Konsistenzprüfung von digitalen Informationen für den spurgebundenen Verkehr die entsprechenden Informationen aufzunehmen, vergleichen und speichern zu können, finden gemäß der vorgestellten Lösung zwei grundsätzlich verschiedene Verfahrensmethoden Anwendung.

**[0030]** Die einzelnen Maßnahmen, die im Rahmen des ersten Verfahrensschrittes ablaufen, sind in den schematischen Darstellungen der Figuren 1 bis 4 dargestellt, wobei die Figur 4 bereits graphisch die topologisch orientierte Zielstruktur verdeutlicht.

**[0031]** Der zweite Verfahrensschritt wird optisch in der Figur 5 dargestellt, welche gleichfalls in sich schon Aus-

schnitte der topologisch orientierten Zielstruktur aus diesem zweiten Verfahrensschritt verdeutlicht.

**[0032]** Die so aus der Topologie direkt abgeleiteten topologischen Zielinformationen müssen denen aus der Geometrie abgeleiteten topologischen Zielinformationen entsprechen. Im Rahmen eines Vergleiches wird die Konsistenz der beiden Zielinformationen geprüft.

Die Abbildung nach Figur 6 verdeutlicht dabei, wie die aus den Verfahrensschritten 1 und 2 ermittelten Informationen Konsistenzprüfungen unterzogen und dadurch im Ergebnis die Zielinformationen in Zieldatenstrukturen gesichert werden.

**[0033]** Im Rahmen des ersten Verfahrensschrittes erfolgt z. B. Punkt für Punkt die Aufnahme des vorhandenen Gleises aus beispielsweise einer geometrischen Karte mit dem Gleis, und es wird die Geometrie des Gleises in auf einen Raum bezogenen, absoluten Koordinaten, aufgenommen und in digitaler Form in einem Softwarewerkzeug aufgebaut. Beim Aufbau kann hier nach verschiedenen Geometrieelementen, z. B. jeweils im Grundriß, Aufriß und der Definition weiterer Eigenschaften unterschieden werden.

**[0034]** Gemäß Figur 1 werden so zur Repräsentation der Gleisachse 5 Geometrieelemente verwendet, die nach in der Ebene liegenden, verschiedenen Geometrieelementen wie Gerade 1, Kreisbogen 2, Klothoide 3 oder anderer Übergangsbögen unterschieden werden. Dabei werden die einzelnen Geometrieelemente wie Gerade 1, Kreisbogen 2 und Klothoide 3 z.B. in einer Ebene aufgenommen und der Höhenverlauf dieser Geometrieelemente als weitere Koordinate als Aufriß vom Verlauf der einzelnen Geometrieelemente der Ebenen getrennt.

Wird nicht detailliert in einzelne Geometrieelemente 1, 2 und 3 unterschieden, so können dreidimensional oder zweidimensional vermessene Einzelpunkte auf der Gleisachse 5 verwendet werden, die anschließend z.B. im Softwarewerkzeug miteinander verbunden werden. Wesentlich dabei ist, daß die Repräsentation der Gleisachse 5 im Softwarewerkzeug die zumindest annähernde Bildung von wahren Weglängen über den geometrischen Verlauf ermöglicht, deren Fehler gegenüber der Wirklichkeit deterministisch abschätzbar sind, d. h. innerhalb einer gewissen Bandbreite liegen.

**[0035]** Im nächsten Schritt wird die Topologie aus der in auf den Raum bezogenen, absoluten Koordinaten beschriebenen Geometrie abgebildet und die Topologie der Gleisachse 5 berechnet, was graphisch in der Figur 2 gezeigt ist.

**[0036]** Gemäß der gewählten Darstellung sind topologische Gleisknoten Weichen (dreiwertige Punkte, weil drei Geometrieelemente angrenzen) als Weichenknotenpunkte 7 oder Gleisenden (einwertiger Punkt) als topologische Gleisendknotenpunkte 9 bezeichnet.

Kreuzungsweichen werden topologisch mit bis zu vier dreiwertigen Gleisknoten 7 repräsentiert. Die topologischen Knoten (Weichenknotenpunkte 7 und Gleisendknotenpunkte 9) werden im Softwarewerkzeug durch

ihre topologische Wertigkeit identifiziert und die dazwischenliegenden Streckenelemente als topologische Gleiskante 6 identifiziert. Ferner werden vorhandene Eigenschaften an der Gleiskante durch Nachbarschaftsbeziehung erfaßt, wobei die linienförmig modellierten Eigenschaften mit der Bezugszahl 10 und die punktförmig modellierten Eigenschaften mit der Bezugszahl 11 bezeichnet sind (siehe Figur 3).

**[0037]** Die so ermittelte abstrakte topologische Gleiskante 6 beinhaltet ein Zusammenspiel mit den Gleisknoten 9 und 7 zunächst einmal die Information über das Vorhandensein der topologischen Gleiskante 6. Insofern kann jetzt zur Bestimmung der Verbindungsparameter nach einer frei bestimmbaren Vorschrift sowohl berechnet werden, welche Bedeutung der jeweilige Gleisknotenpunkt für die topologische Gleiskante 6 hat (topologischer Anfangs- und Endknotenpunkt), als auch, welche Bedeutung eine Gleiskante 6 für den Gleisknotenpunkt 7; 9 hat (ankommende Gleiskante, abgehende Gleiskante links, abgehende Gleiskante rechts).

**[0038]** Die Gleiskante 6 ist zusätzlich noch Träger von Informationen über das Gleis selbst. Sie stellt damit einen oder bei langen (Gleiskanten möglicherweise auch mehrere indizierte, abstrakte Zahlenstrahle dar, die z. B. als zusammenfassende Kilometrierungslinie alle Eigenschaften des Gleises auf Kilometerwerte abbilden. Die geometrisch eingemessenen, linienförmigen Eigenschaften 10 und/oder punktförmigen Eigenschaften 11, wie beispielsweise Höhe, Überhöhung, Krümmung, Standorte von Balisen und weiteren Eigenschaften des Gleises, werden von ihrer geometrischen Lage ebenfalls auf der Gleiskante 6 mit z. B. zugehörigen Kilometrierungswerten im Softwarewerkzeug abgebildet und so in der topologischen Lagedarstellung auf der Kilometrierung eindeutig identifiziert, wie in der Figur 3 dargestellt.

**[0039]** Die nun so gefundenen abstrakten topologischen Gleiskanten 6 zwischen jeweils zwei Gleisknoten 7;9 sind in der Figur 4 gezeigt. Diese Topologie samt zugehörigen Eigenschaften wird dabei ausnahmslos auf der Grundlage der durch auf den Raum oder einen geometrischen Körper oder eine Ebene bezogenen Koordinaten gebildeten Geometrie erzeugt.

Da Ortung und Sicherung im spurgebundenen Verkehr letztendlich auf der Grundlage der Topologie funktionieren, ist hier somit ein erster Weg aufgezeigt, die Zielinformationen in den Zieldatenstrukturen zu erzeugen.

**[0040]** Um nun eine Konsistenzprüfung der Informationen auf der Grundlage einer möglichst diversitären Redundanz durchführen zu können, sind weitere, möglichst diversitäre Wege hin zur Gesamtheit oder Ausschnitten der Zielinformationen in der Zielstruktur unabdingbar. Um daher die entsprechenden Informationen nach einem diversitären Verfahren aufnehmen zu können, werden die topologisch orientierten Zielinformationen entsprechend der Darstellung nach Figur 4 noch einmal in üblicher Weise, durch beispielsweise eine am Gleis entlangfahrende Vermessungseinheit,

vermessen (zweiter Verfahrensschritt).

Dazu werden zwischen zwei Gleisknoten 7; 9 und/oder auf den Gleiskanten liegenden Referenzorten 8 (alle im ersten Verfahrensschritt bekannt), die relevanten Eigenschaften des Gleises ausschließlich als Funktion des Weges längs der Gleisachse 5 unabhängig vom geometrischen Standort aufgenommen und abgespeichert. Die Darstellung nach Figur 5 gibt einen derartigen Überblick, wie die topologisch orientierten Zielinformationen aus diesem zweiten Verfahrensschritt linienförmig aufgenommen und abgespeichert werden. Gemäß der Darstellung sind der Startreferenzort der Messung mit der Bezugszahl 12, der Zielreferenzort der Messung der zurückgelegten Wegstrecke mit der Bezugszahl 13 und die dazwischen liegende Strecke mit der Bezugszahl 17 gekennzeichnet. Als Beispiel ist die Wegmessung nach Figur 5 zwischen zwei topologischen Punkten, einem topologischen Weichenknotenpunkt 7 und einem auf der Gleiskante liegenden Referenzort 8 erfolgt. Mit 14 ist die Einheit zur relativen Wegmessung bezeichnet. Linienförmige Eigenschaft und punktförmige Eigenschaften sind mit den Bezugzahlen 10 und 11 gekennzeichnet und werden als Funktion des Weges aufgenommen.

Ergänzend zur Darstellung nach Figur 5 wird ausgeführt, daß die gekennzeichneten Start- und Zielreferenzorte 12, 13 als topologische Weichenknotenpunkte 7, als auf den Gleiskanten liegende Referenzorte 8 oder topologische Gleisendknotenpunkte 9 ausgebildet sein können. In der gewählten Darstellung bezieht sich der Anfangspunkt 12 auf einen topologischen Weichenknotenpunkt 7 und der Endpunkt 13 auf einen auf der Gleiskante liegenden Referenzort 8.

Die im zweiten Verfahrensschritt vermessenen Eigenschaften der Linienführungen können dazu verwendet werden (etwa durch Nutzung der topologisch bezogenen geometrischen Richtung der Gleiskante), um die Verbindungsparameter (Figur 4) der Linienführungen auch im zweiten Verfahrensschritt zu bestimmen.

**[0041]** Durch die eindeutige Kennung der Referenzorte sowie eindeutigen Regeln für die Richtung der topologischen (Gleiskanten 6 wird die Vergleichbarkeit der Zielinformationen aus den beiden Verfahrensschritten erreicht.

Mit der geschaffenen Methode ist die mehrkanalige Aufnahme von Infrastrukturinformationen mit anschließender Konsistenzprüfung möglich, in deren Ergebnis die Topologie der zu überwachenden Gleise und deren Eigenschaften in Zieldatenstrukturen abgespeichert werden können. Die Prüfung erfolgt off-line für die Eigenschaften, die bei sicherheitsrelevanter Nutzung Gefahrenpotentiale erzeugen können. In diesem Fall müssen die Informationen der Verfahrensschritte 1 und 2 zwischengespeichert vorliegen.

**[0042]** Eine andere Möglichkeit ist die on-line-Konsistenzprüfung der aus einem Verfahrensschritt vorliegenden Informationen während der Aufnahme gemäß dem jeweils anderen Verfahrensschritt. So könnte die

Information während einer Fahrt geprüft werden.

**[0043]** Die Verfahrensschritte 1 und 2 können zur Verbesserung der Verfahren in sich auch mehrkanalig ausgeführt sein, so daß Verfahrensschritt 1 z. B. durch Aufnahme einer geometrischen Karte und einer Vermessung durch Satellitenortung erfolgt oder im Verfahrensschritt 2 zwei verschiedene Meßtrupps mit unterschiedlichen Sensoren die relevanten Informationen aufnehmen.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Konsistenzprüfung von Informationen über Linienführungen und ihren Verbindungsparametern und/oder Linienführungen zuordbaren Eigenschaften in einer topologisch orientierten Datenstruktur durch Nutzung diversitärer Redundanz in der Informationsaufnahme, wobei gemäß einem ersten Verfahrensschritt die Linienführungen mitsamt ihren direkt zuordbaren Eigenschaften bei Bedarf aus Überhöhung, Krümmung, Steigung, Richtung, Spurweite, Ober- und Unterbaucharakteristik, Lichtraumprofil und den durch Nachbarschaft der Linienführung zuordbaren Objekten bei Bedarf aus Bahnübergängen, bautechnischen und signaltechnischen Infrastrukturen und ihren Eigenschaften zumindest ein- oder mehrkanalig in auf einen Raum oder einen definierten geometrischen Körper oder eine Ebene bezogenen Koordinaten aufgenommen und beschrieben werden, und

diese Beschreibungen der Linienführungen in eine topologisch orientierte Zieldatenstruktur der Linienführungen als Knoten und Kanten bedarfsbedingt mit ihren Verbindungsparametern abgebildet werden, und

die bezogenen Eigenschaften und Objekte null- oder eindimensional in Linienkoordinaten als Identitäten der Kanten und auf die Kanten bezogenen Längenangaben dieser Struktur zugeordnet werden und,

wobei gemäß einem zweiten Verfahrensschritt Informationen über die Linienführungen mitsamt ihren direkt zuordbaren Eigenschaften und den durch Nachbarschaft der Linienführung zuordbaren Objekten und ihren Eigenschaften zumindest ein- oder mehrkanalig ausgehend von einem Startreferenzort hin zu einem Zielreferenzort auf der Linienführung während einer Entlangbewegung an der Linienführung direkt aufgenommen werden und

daß die Informationen des zweiten Verfahrensschrittes mit Hilfe der topologischen Struktur der Start- und Zielreferenzorte ganz oder teilweise aufgebaut werden und bei Bedarf aus den zugeordneten Eigenschaften und den durch Nachbarschaft zugeordneten Objekten ebenfalls die Verbindungsparameter in der topologisch orientierten Datenstruktur bestimmt werden  
und

daß diese so nebeneinander in diversitärer Redundanz erzeugten Informationen aus dem ersten und dem zweiten Verfahrensschritt je nach Bedarf gegeneinander auf Konsistenz geprüft werden  
und

daß diese Konsistenzprüfung bei Informationen, die bei verantwortlicher Nutzung der Information ein nicht kompensierbares Gefahrenpotential in sich bergen, vor verantwortlicher Nutzung entweder off-line oder durch on-line-Konsistenzprüfung der aus einem der beiden Verfahrensschritte gewonnenen Informationen während der Durchführung des jeweils anderen Verfahrensschrittes erfolgt  
und

daß als konsistent bewertete Informationen in der Weiterverarbeitung genutzt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,

daß von deterministischen und quantitativ angebbaren Meßunsicherheiten aller Meßschritte beim ersten Verfahrensschritt ausgegangen wird,

und daß von deterministischen und quantitativ angebbaren Meßunsicherheiten aller Meßschritte beim zweiten Verfahrensschritt ausgegangen wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet,

daß die Meßunsicherheiten gemäß den beiden Verfahrensschritten miteinander bei der Konsistenzprüfung zu einer Meßunsicherheit der fortan als konsistenzgeprüft geltenden Information verknüpft werden oder bei groben Abweichungen die diversitären Ausgangsinformationen zur Nachprüfung vorgeschlagen werden.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,

zeichnet,

daß die Aufnahme der auf einen Raum oder einen definierten geometrischen Körper oder eine Ebene bezogenen Koordinaten der Linienführung und deren Eigenschaften gemäß dem ersten Verfahrensschritt

mit Satellitenortung und/oder

mit zusätzlichen Sensoren für die Detektion der Eigenschaften der Linienführung und der Linienführung durch Nachbarschaft zuordbarer Objekte und ihrer Eigenschaften und/oder aus Konstruktion- oder Bauzeichnungen erfolgt und/oder

bereits als digitale Daten vorliegende Beschreibungen der Linienführungen verwendet werden.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,

daß die linienförmig orientierte Aufnahme der Information gemäß dem zweiten Verfahrensschritt von einem vermessenen Referenzort ausgehend,

mit Hilfe einer relativen Wegmessung und/oder mit zusätzlicher Sensoren oder

durch manuelle Erfassung der Eigenschaften der Linienführung oder den durch Nachbarschaft zuordbaren Objekten und ihren Eigenschaften erfolgt, und

daß die relevanten Eigenschaften und Objekte als Funktion des Weges entlang der Achse der Linienführung oder einer Parallelen aufgenommen werden, und

daß eine bekannte Richtung, ausgehend vom vermessenen Startreferenzort, verwendet wird und/oder die linienförmig orientierte Aufnahme an einem vermessenen Referenzort endet.

6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,

daß für die off-line-Konsistenzprüfung auf die gespeicherten Informationen des ersten und zweiten Verfahrensschrittes zugegriffen wird.

7. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet,

daß für die Referenzorte in der Regel möglichst unverlierbar eindeutige Orte wie topologische Knotenpunkte als Verzweigungspunkte der Spurführung oder Enden der Spurführung und/oder andere eindeutig identifizierbare Orte 5 der Spurführung gewählt werden.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Fig. 1

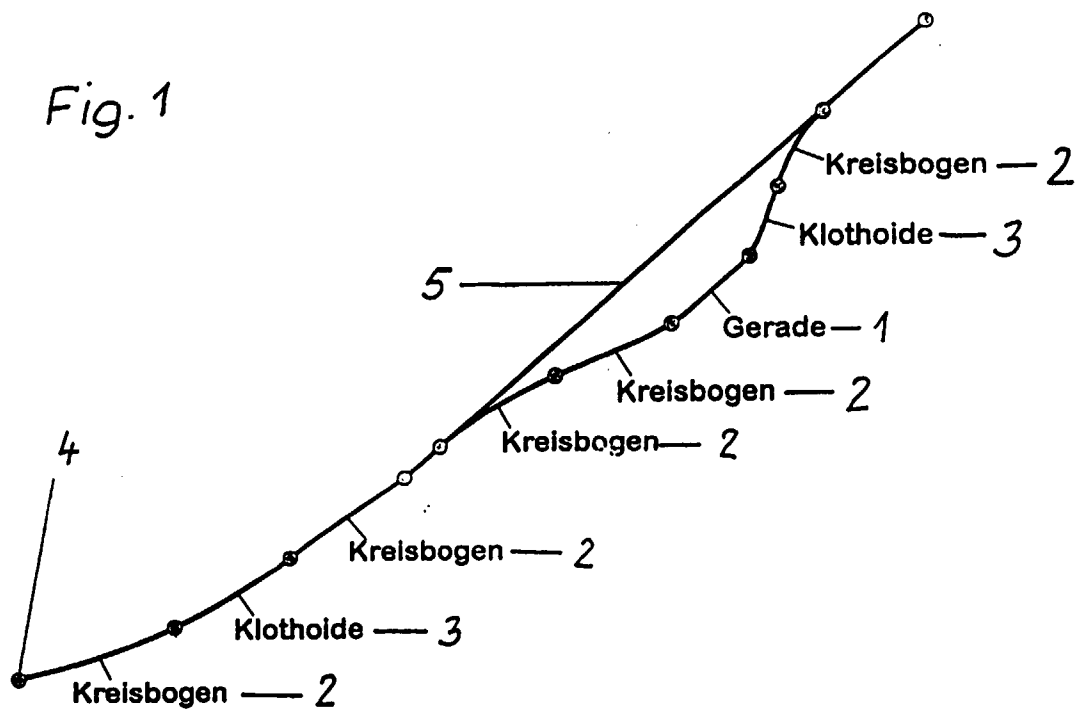
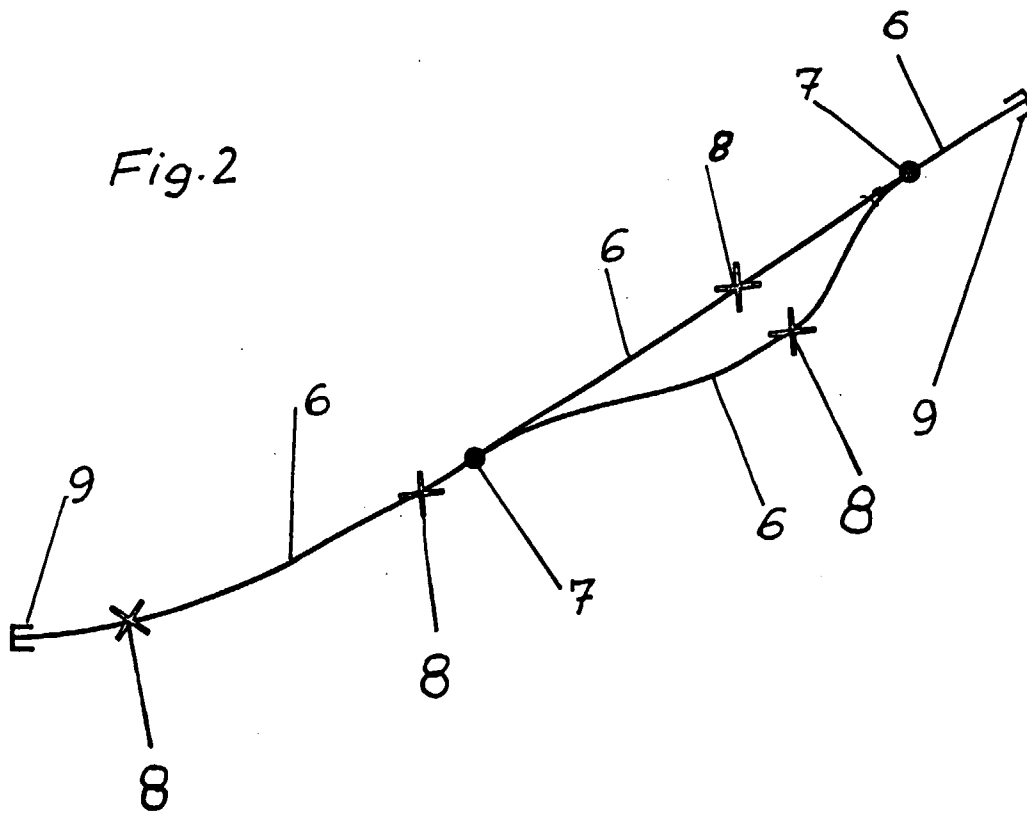


Fig. 2



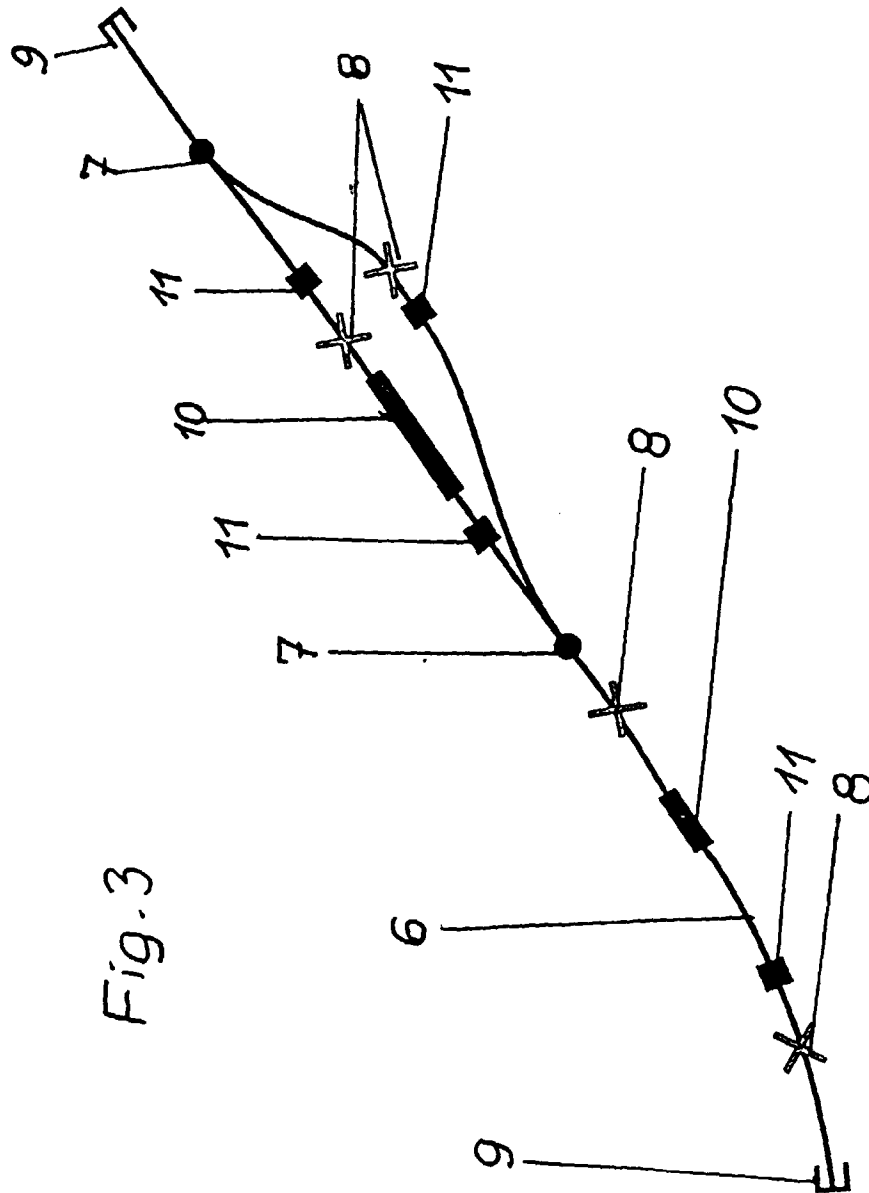
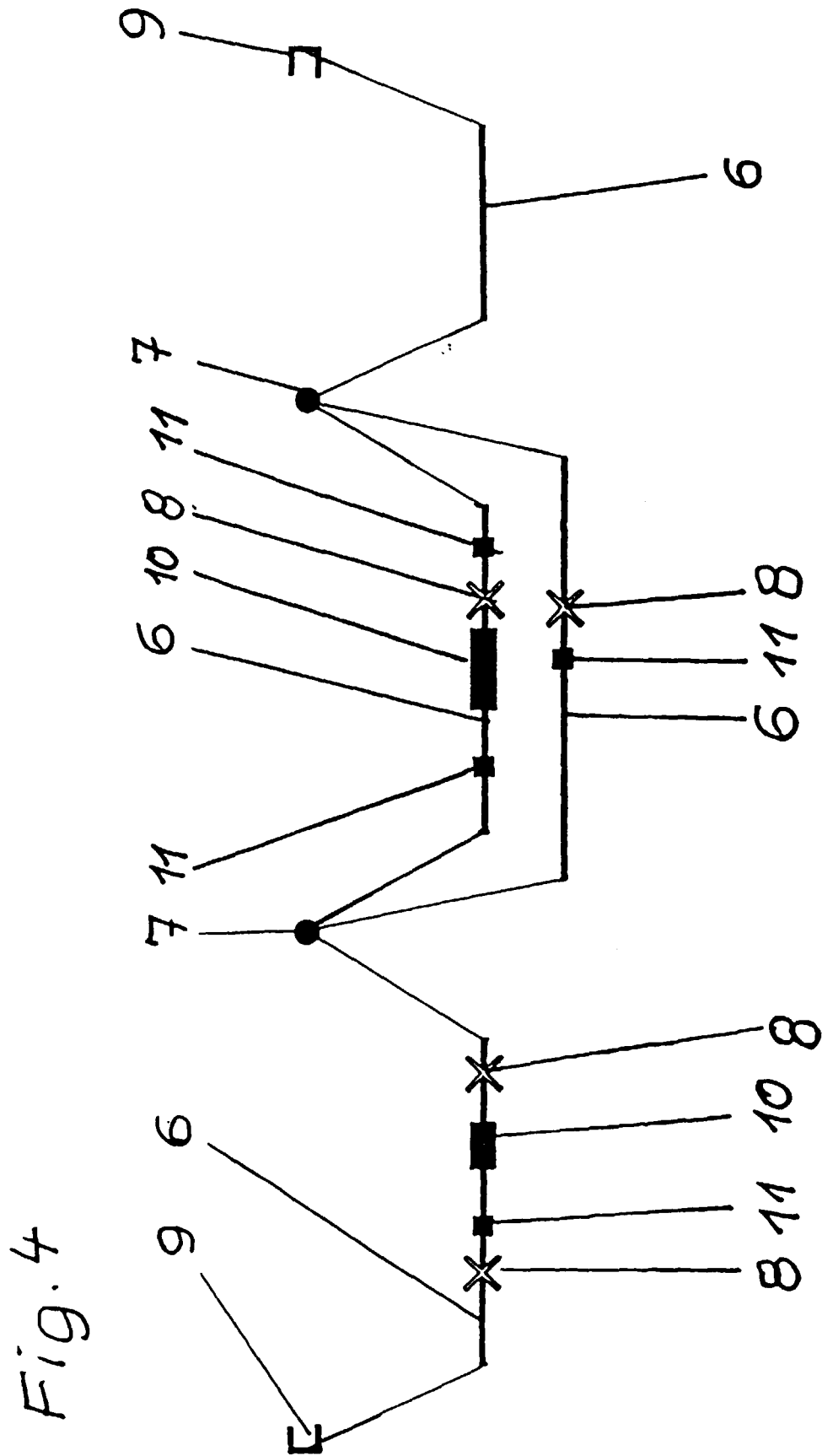


Fig. 3



*Fig. 5*

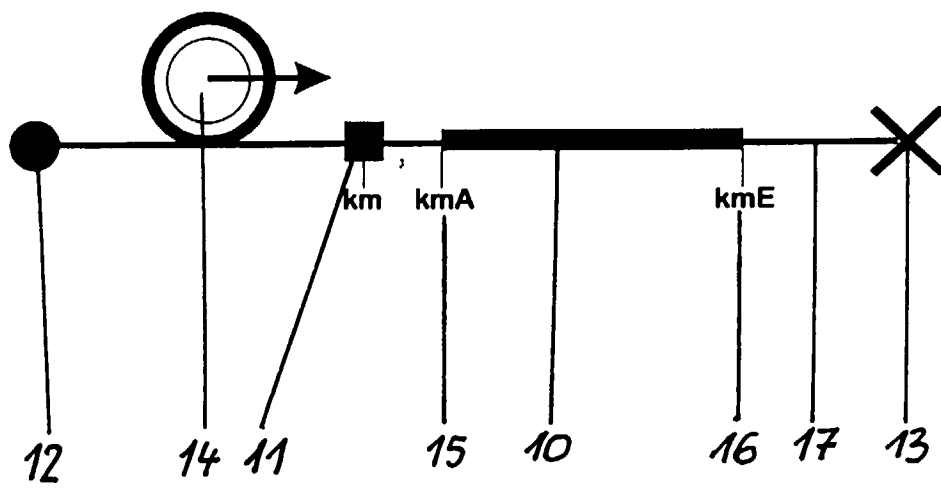
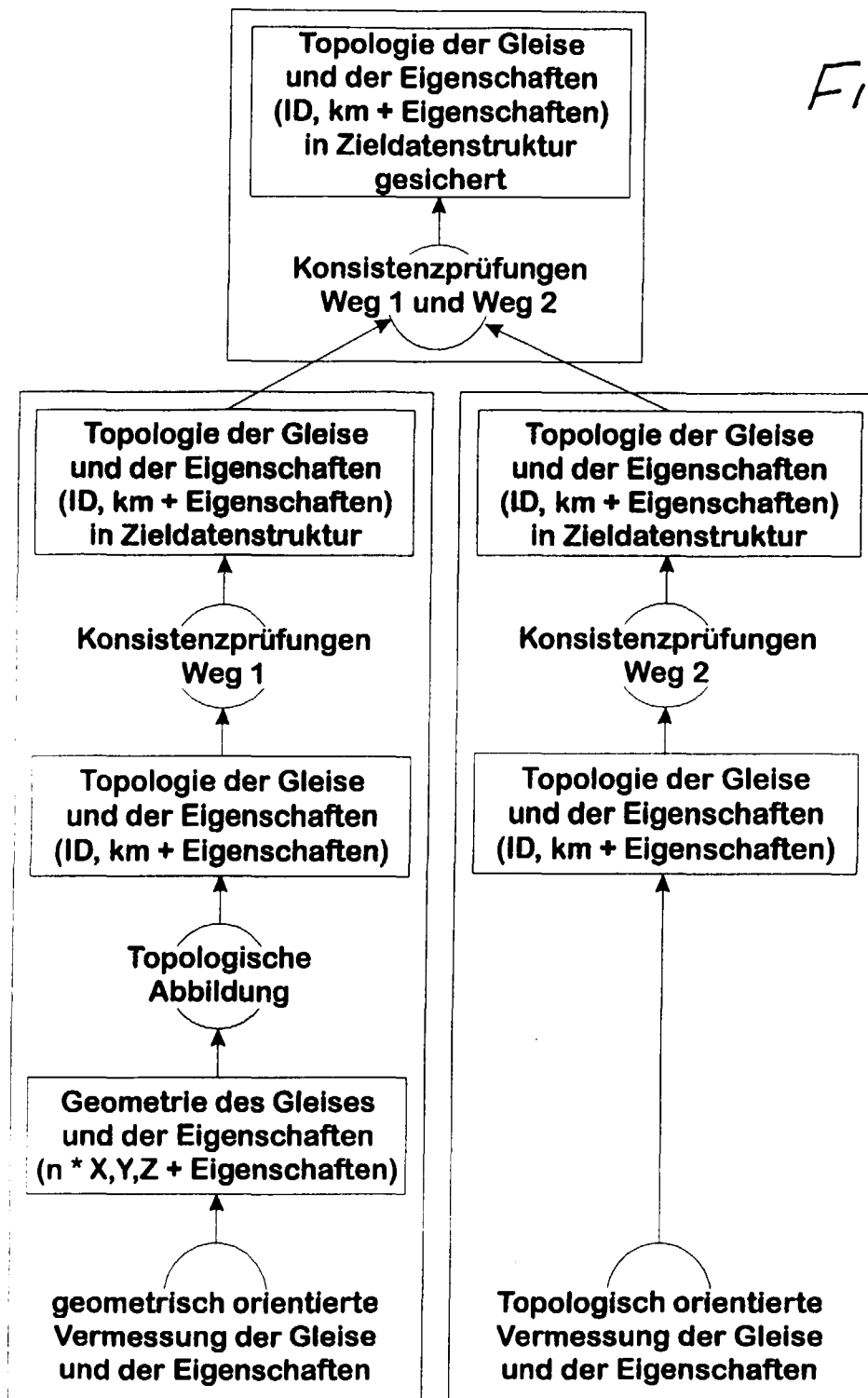


Fig. 6

ein- oder mehrkanaligein- oder mehrkanalig