



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) EP 0 881 136 A2

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
02.12.1998 Patentblatt 1998/49

(51) Int. Cl.⁶: B61L 25/02

(21) Anmeldenummer: 98105117.0

(22) Anmeldetag: 20.03.1998

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

(71) Anmelder:
SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
80333 München (DE)

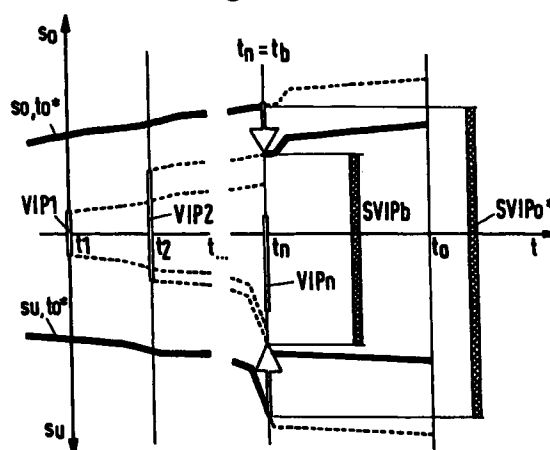
(72) Erfinder: Klinge, Karl-A.
38114 Braunschweig (DE)

(30) Priorität: 29.05.1997 DE 19722899

(54) **Verfahren zum Bilden des sicherheitsrelevanten Vertrauensintervalls einer Ortungslösung**

(57) Durch die Verwendung beliebiger Kaufelektro-
nik zur Positionserfassung von Fahrzeugen muß mit der
Möglichkeit von Ortungsfehlern gerechnet werden. Um
zu einem Ortungsergebnis mit sicherheitsrelevantem
Vertrauensintervall (SVIPo) zu gelangen, werden daher
mehrere Einzelortungen vorgenommen, wobei die Ver-
trauensintervalle (VIP1, VIP2, VIPn) dieser Einzelor-
tungsergebnisse durch Anwendung des fahrtort-
abhängigen Vertrauensintervalls der Wegmessung fort-
geschrieben werden, d. h. die Vertrauensintervalle der
Einzelortungslösungen werden über die Zeit gesehen
immer größer. Wenn genügend Ortungslösungen und
damit Vertrauensintervalle vorliegen, werden diese dar-
aufhin geprüft, ob sie in sich konsistent sind. Das nach
Maßgabe des Vertrauensintervalls der relativen Weg-
messung fortgeschriebene Vertrauensintervall des letz-
ten als sicherheitsrelevant anerkannten Ortungser-
gebnisses wird dabei auf die oberen und unteren Gren-
zen der fortgeschriebenen Einzelvertrauensbereiche
zurückgesetzt. Unter Berücksichtigung dieser zurück-
gesetzten Vertrauensintervallgrenzen ermittelt sich das
Fahrzeug seinen tatsächlichen Fahrort jeweils durch
wegabhängiges Fortschreiben dieser Werte unter
zusätzlicher Berücksichtigung des Vertrauensintervalls
der relativen Wegmessung.

Fig. 1



EP 0 881 136 A2

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

Aus Signal + Draht 71(1979)11, Seiten 225 bis 232 ist ein Verfahren zur Eigenortung eines spurgebundenen Fahrzeugs im Streckennetz einer Bahnanlage bekannt, die mit Einrichtungen zur linienförmigen Zugbeeinflussung ausgerüstet ist. Für die Eigenortung gibt es zwei voneinander unabhängige Ortungseinrichtungen, nämlich einen durch Radimpulse eines Fahrzeugrades fortschaltbaren Wegzähler sowie eine Einrichtung zum Erkennen von Linienleiterkreuzungsstellen. Die Hin- und Rückleiter des Linienleiters sind in regelmäßigen Abständen von z. B. 100 m gekreuzt und erlauben bei Kenntnis der Lage einer ersten Kreuzungsstelle eine absolute Ortung auf dem betreffenden Gleis der Strecke. Der tatsächliche Fahrort zwischen benachbarten Kreuzungsstellen wird durch den radbetätigten Wegimpulsgeber festgestellt, wobei dessen Fahrortangabe durch Gleiten und Schleudern mehr oder weniger fehlerbehaftet ist. Die Auswertung der Wegimpulsgeber kann deshalb jeweils beim Passieren einer Linienleiterkreuzungsstelle zurückgestellt werden, so daß die unvermeidbaren Meßabweichungen der Wegmeßeinrichtungen jeweils auf einen einzigen Linienleiterabschnitt begrenzt sind und sich in den aufeinanderfolgenden Abschnitten nicht zu einem möglicherweise nicht mehr akzeptablen Wert addieren. Eine Ausnahme bildet nur der Fall, daß eine Linienleiterkreuzungsstelle nicht erkannt wird; in diesem Falle akzeptiert das Fahrzeug die vom Wegimpulsgeber fortgeschriebene Fahrzeugposition bis zu einer folgenden Synchronisierung durch eine Linienleiterkreuzungsstelle. Werden auch die beiden folgenden Linienleiterkreuzungsstellen nicht erkannt, so geht die Ortung verloren und das Fahrzeug wird zwangsgebremst.

Die vorliegende Erfindung baut auf einem derartigen Verfahren zur Eigenortung eines spurgeführten Fahrzeugs auf, bei dem eine erste durch beliebige Mittel feststellbare Fahrzeugposition wegabhängig fortgeschrieben wird, bis diese wegabhängig fortgeschriebene Position schließlich durch eine dann festgestellte aktuellere Information ersetzt wird. Sie geht aber davon aus, daß eine durch an sich beliebige Mittel bestimmte oder erkannte Fahrzeugposition für sich genommen nicht unbedingt auch der tatsächlichen Position eines Fahrzeugs auf der Strecke entsprechen muß. Dies ist z.B. regelmäßig dann nicht der Fall, wenn der Fahrort eines Fahrzeuges z. B. durch Satellitenortung festgestellt wird. Die Satellitenortungsergebnisse sind systembedingt mit von Fall zu Fall unterschiedlichen Toleranzen behaftet, so daß allenfalls festgestellt werden kann, daß sich ein Fahrzeug in einem Vertrauensintervall zwischen einem oberen und einem unteren Grenzwert befindet, der sich auf die befahrene Strecke spiegeln läßt. Im übrigen muß auch davon ausgegangen werden, daß die für die Ortung verwendete Kauf-

elektronik fehlerhaft arbeitet und so zu fehlerhaften Ortungsergebnissen, d. h. nicht ordnungsgerecht platzierten Vertrauensintervallen der Fahrzeugposition führt.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, das Verfahren nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 1 so auszugestalten und weiterzubilden, daß es trotz Verwendung von signaltechnisch nicht sicheren Einrichtungen zur absoluten Ortung und zur relativen Wegmessung zu Ortungsergebnissen mit sicherheitsrelevanten Vertrauensintervallen führt.

Die Erfindung löst diese Aufgabe durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruches 1. Die nach der Erfindung vorgesehene Fortschreibung der Vertrauensintervalle, die mehreren üblicherweise nicht synchronisierten Einzelortungsergebnissen zuzuordnen sind, macht es möglich, diese auf Konsistenz zu prüfen und hieraus ein sicherheitsrelevantes Vertrauensintervall der Ortung zu bilden; dieses sicherheitsrelevante Vertrauensintervall kann -sofern zu einem früheren Zeitpunkt bereits ein sicherheitsrelevantes Vertrauensintervall gebildet wurde- die Rückstellung eines daraus abgeleiteten, beim Fortschreiben durch unvermeidbare Meßfehler einer relativen Wegmessung aufgeweiteten Vertrauensintervalls veranlassen.

Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Verfahrens sind in den Unteransprüchen angegeben.

Für den Fall, daß die von einem Fahrzeug ermittelten Einzelortungsergebnisse mit im Satellitenortungssystem zu suchenden Fehlern behaftet sind, schlägt Anspruch 2 vor, die an der Bildung der sicherheitsrelevanten Vertrauensintervalle einer Ortungslösung zu beteiligenden Vertrauensintervalle der Einzelortungslösungen über Korrekturdaten nachträglich zu validieren und zu verifizieren, wobei hierfür wiederum auf das wegabhängige Vertrauensintervall der relativen Wegmessung zurückzugreifen ist.

Obgleich es prinzipiell egal ist, auf welchen Zeitpunkt ein als sicherheitsrelevant einzustufendes Vertrauensintervall bezogen wird, schlägt Anspruch 3 hierzu den Zeitpunkt des letzten in das zu bildende Vertrauensintervall einfließenden Einzelortungsergebnisses vor. Diese Lösung hat den Vorteil, daß zu diesem Zeitpunkt die fortgeschriebenen Einzelortungsintervalle der übrigen Einzelortungslösungen bereits vorliegen und so sofort an die Bewertung der Einzelvertrauensintervalle herangegangen werden kann.

Gemäß Anspruch 4 sollen die für das Fortschreiben der Einzelvertrauensintervalle zu berücksichtigenden Vertrauensintervalle der relativen Wegmessung wegabhängig abgespeichert vorliegen oder auf den Fahrzeugen durch Abschätzung ermittelbar sein; die prognostizierten Meßfehler können z. B. abhängig sein von der Gleisneigung sowie der Beschleunigung bzw. Verzögerung der Fahrzeuge.

Nach der Lehre des Anspruches 5 sollen die an der Bildung eines sicherheitsrelevanten Vertrauensinter-

valls beteiligten Einzelortungslösungen auf Konsistenz mit der befahrenen Raumkurve geprüft werden. Dadurch wird erreicht, daß Einzelortungslösungen, die nicht gleisselektiv sind, auf Strecken mit Abzweigungen dann nicht mit in die Bildung des sicherheitsrelevanten Vertrauensintervalls einbezogen werden, wenn die Möglichkeit besteht, daß sich die Ortungslösung möglicherweise auf ein anderes als das betrachtete Gleis bezieht.

Gemäß Anspruch 6 sollen alle Einzelortungslösungen, die nicht in das wegabhängig fortgeschriebene letzte Vertrauensintervall passen, weil sie entweder zu groß sind oder sich auf einen physikalisch unmöglichen Fahrweg beziehen und somit offensichtlich ungeeignet sind, aussortiert und damit nicht an der Bildung des neuen Vertrauensintervalls beteiligt werden.

Für die Konsistenzprüfung der Einzelortungslösungen bedarf es einer gewissen Zeit. Diese Zeit kann insbesondere bei der Verwendung differenzieller Korrekturdaten bei GNSS (Global Navigation Satellit System) in der Größenordnung von einigen Sekunden liegen. Dann soll nach der Lehre des Anspruches 7 die Rückstellung des wegabhängig fortgeschriebenen letzten Vertrauensintervalls auf ein aktuelles neues Vertrauensintervall erst nach Abschluß der Validierung und Verifizierung zu einem dann in der Vergangenheit liegenden Bezugszeitpunkt erfolgen.

Wenn eine solche rückwirkende Zurückstellung eines wegabhängig fortgeschriebenen Vertrauensintervalls auf ein dann aktuelles sicherheitsrelevantes Vertrauensintervall erforderlich ist, dann ist das Fahrzeug inzwischen mehr oder weniger weit vorgerückt und die dann zurückgestellten Vertrauensintervallgrenzen sind für die aktuelle Fahrzeugortung nicht mehr aktuell. Aus diesem Grunde sehen die Merkmale des Anspruches 8 vor, das Vertrauensintervall der bislang anerkannten Ortung bis zum aktuellen Validierungszeitpunkt fortzuschreiben und dann zu korrigieren oder die neuen Grenzen des sicherheitsrelevanten Vertrauensintervall aus dem auf den Bezugszeitpunkt zurückgestellten Vertrauensintervall durch wegabhängiges Fortschreiben oder durch Berücksichtigung der Fahrgeschwindigkeit und der Fahrzeit sowie der dabei auftretenden Meßfehler fortzuschreiben.

Die Einzelortungslösungen sollen gemäß Anspruch 9 vorteilhaft durch Laufzeitmessungen zu terrestrischen oder extraterrestrischen Ortungssendern gebildet werden. Hierfür stehen z. B. das Loran C- und das GPS-System zur Verfügung.

Gemäß Anspruch 10 sollen die Ortungsempfänger dabei in möglichst unterschiedlicher technischer Ausprägung verwendet werden. Dies schafft die Gewähr dafür, daß etwaige Fehlverhalten der Ortungsempfänger auf die betreffenden Ortungsempfänger beschränkt bleiben und keine Auswirkungen haben auf die Ortungsergebnisse anderer Ortungsempfänger; diese Ausprägung erhöht die Sicherheitsrelevanz des jeweils ermittelten Vertrauensintervalls.

Nach der Lehre des Anspruches 11 können die einzelnen Ortungslösungen vorteilhaft auch durch Korrelation aktueller Streckendaten mit entsprechenden Referenzdaten gewonnen werden, beispielsweise durch Korrelation von Radarsignalen über das Streckenprofil oder die Korrelation von Beschleunigungssignalen.

Die Einzelortungslösungen können gemäß Anspruch 12 durch eine bestimmte Anzahl von vorzugsweise nicht synchronisierten Ortungsempfängern gebildet werden, deren Vertrauensintervalle wegabhängig fortgeschrieben werden. Ebenso ist es aber auch nach der Lehre des Anspruches 13 möglich, nur einen einzigen Ortungsempfänger zu verwenden, der dann zu mehreren Zeitpunkten unterschiedliche Einzelortungslösungen liefert, die ihrerseits wieder wegabhängig fortgeschrieben werden; die letztgenannte Lösung erfordert aber einen hochzuverlässigen, überwachbaren Ortungsempfänger, weil sich ein etwaiges Fehlverhalten auf alle Einzelortungsergebnisse auswirken kann.

Die Erfindung ist nachstehend anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Die Zeichnung zeigt in

- Figur 1 ein Diagramm, aus dem sich das Zurückstellen eines wegabhängig fortgeschriebenen sicherheitsrelevanten Vertrauensintervalls auf ein dann aktuelles Vertrauensintervall ergibt und in
- Figur 2 die Spiegelung der einzelnen Vertrauensintervalle auf eine Raumkurve.

Für das dargestellte Ausführungsbeispiel ist angenommen, daß auf einem spurgeführten Fahrzeug angeordnete Ortungsempfänger zu verschiedenen Zeitpunkten t_1 bis t_n Einzelortungsergebnisse geliefert haben, von denen jedes ein Vertrauensintervall VIP1 bis VIPn aufweist, das durch die jeweilige Ortungsgenauigkeit definiert ist. Ein Vertrauensintervall bezeichnet Streckenbereiche beidseits einer konkreten Ortungslösung, innerhalb deren der tatsächliche Fahrort eines Fahrzeugs mit einer definierten hohen Wahrscheinlichkeit gelegen ist; das Vertrauensintervall kann sich symmetrisch oder unsymmetrisch zur Ortungslösung erstrecken und unerschiedlich breit sein. Die Ortungslösungen können von einem oder von mehreren Ortungsempfängern stammen, die ihre Ortungsergebnisse zu verschiedenen Zeitpunkten liefern, oder aber auch von nur einem einzigen Ortungsempfänger, der zu unterschiedlichen Zeiten unterschiedliche Ortungsergebnisse und ihnen zugeordnete Vertrauensintervalle bereitstellt. Die Vertrauensintervalle in ihrer zeitlichen Folge sind in Figur 1 schraffiert dargestellt; das Vertrauensintervall VIP1 gilt für den Zeitpunkt t_1 , das Vertrauensintervall VIP2 für den Zeitpunkt t_2 und das Vertrauensintervall VIPn für den Zeitpunkt t_n . Keine dieser Einzelortungslösungen ist als sicherheitsrelevant

anzusehen, weil jede einzelne Ortungslösung z. B. durch einen Gerätedefekt total falsch sein kann. Durch Konsistenzprüfungen läßt sich aber aus mehreren Einzelortungsergebnissen ein Ortungsergebnis mit sicherheitsrelevantem Vertrauensintervall bilden, indem diese Einzelortungsergebnisse und ihre individuellen Vertrauensintervalle untereinander auf Konsistenz geprüft werden. Bis zu diesem Zeitpunkt kann das Fahrzeug - sofern früher schon einmal ein sicherheitsrelevantes Vertrauensintervall (auch ein solches der Größe null) bestimmt wurde, ein fahrwegbezogenes Vertrauensintervall der Ortung anerkennen, wie es in Figur 2 durch die beiden dick ausgezogenen oberen und unteren Grenzwerte so, t_0^* und su, t_0^* definiert ist; t_0 bezeichnet dabei den in der Vergangenheit liegenden Rücksetzzeitpunkt, zu dem letztmalig ein absolutes Ortungsergebnis als sicherheitsrelevant anerkannt wurde. Dies kann z. B. das Passieren einer ortsfesten Beeinflussungseinrichtung gewesen sein oder das Anerkennen eines durch Laufzeitmessungen ermittelten Ortungsergebnisses mit einem entsprechenden sicherheitsrelevanten Vertrauensintervall. Die der Position des Fahrzeugs zum Zeitpunkt t_0 zugeordneten Vertrauensintervallgrenzen sind nach Maßgabe von worst-case Annahmen durch eine fahrzeugseitige Wegmessung fortgeschrieben worden, wobei mit zunehmender Fahrstrecke der ungünstigstenfalls anzunehmende Wegmeßfehler zu einer ständigen Vergrößerung des Vertrauensintervalls der Ortung führt.

Es ist dabei nicht so, daß die Position des Ortungsergebnisses zum Zeitpunkt t_0 unter Ansatz des seither zurückgelegten Fahrweges fortgeschrieben wird, wodurch der jeweilige Fahrort eines Fahrzeugs ermittelbar wäre, sondern die Vertrauensintervallgrenzen dieser Positionslösung werden unter Ansatz der maximalen Mißweisung der fahrzeugseitigen Wegmeßeinrichtungen fortgeschrieben.

Das so gebildete Vertrauensintervall der zum Zeitpunkt t_0 als sicherheitsrelevant anerkannten absoluten Ortungslösung soll nun durch das sicherheitsrelevante Vertrauensintervall einer neuen absoluten Ortungslösung abgelöst werden, die auf einen späteren Zeitpunkt, nämlich den Bezugszeitpunkt t_b , bezogen ist und mit der die bislang aufgelaufenen Ortungsfehler der fahrzeugseitigen Wegmessung im Ergebnis möglichst weitgehend abgebaut werden sollen. Eine vollständige Kompensation des Einflusses von Wegmeßfehlern auf das Vertrauensintervall der Ortung wäre möglich, wenn das aktuelle neue Vertrauensintervall ohne Zuhilfenahme der relativen Wegmessung gefunden werden könnte, z.B. wenn gleichzeitig mehrere Ortungsergebnisse für den gleichen Fahrort vorliegen würden. Das ist aber nicht der Fall, weil die zum Bilden eines als sicherheitsrelevant anzuerkennenden Ortungsergebnisses verwendeten Einrichtungen zur Positionsermittlung annahmegemäß nicht zeitlich synchronisiert sind, sondern ihre Einzelortungsergebnisse zu unterschiedlichen Zeitpunkten t_1 bis t_n im Abstand von z. B. 1 sec. bereit-

stellen. Zum Zeitpunkt t_n sollen dabei so viele Einzelortungsergebnisse vorliegen, daß daraus durch Konsistenzprüfung nach dem m vom n-Prinzip ein absolutes Ortungsergebnis mit sicherheitsrelevantem Vertrauensintervall gebildet werden kann.

Zu diesem Zweck werden die Grenzen des Vertrauensintervalls VIP1 des zum Zeitpunkt t_1 ermittelten Einzelortungsergebnisses P_1, t_1 unter Berücksichtigung der maximal möglichen Mißweisung der fahrzeugseitigen Wegmessung wegabhängig bis zum Bezugszeitpunkt t_b fortgeschrieben, wobei sich das Vertrauensintervall dieses Ortungsergebnisses durch die zu berücksichtigenden Meßfehler der fahrzeugseitigen Wegmessung vergrößert; die Aufweitung des Vertrauensintervalls ist in Figur 1 durch gestrichelte Linien angedeutet. Die Meßfehler können als über den Weg konstant angenommen sein oder wie im dargestellten Ausführungsbeispiel angenommenen fahrortbezogen variieren. Das Fortschreiben des Einzelvertrauensintervalls läßt sich z. B. dadurch herbeiführen, daß in einem Streckenatlas die Parameter zur Bildung des Vertrauensintervalls der fahrzeugseitigen Wegmessung fahrortabhängig hinterlegt sind. Die nach der einen oder anderen Seite möglichen Meßfehler können für die einzelnen Fahrorte verschieden sein; so ergeben sich z. B. durch an einzelnen Fahrorten zu erwartendes Schleudern oder Gleiten infolge von Anfahr- oder Bremsvorgängen Wegmeßfehler, die in der einen oder anderen Richtung besonders ausgeprägt sind. Diese möglichen Wegmeßfehler können auch während des Fahrens z. B. durch Berücksichtigung von plötzlichen Beschleunigungen oder Verzögerungen in Verbindung mit den Signalen der fahrzeugseitigen Wegmeßeinrichtungen berechnet oder abgeschätzt und dann zur Bildung entsprechender Vertrauensintervalle der fahrzeugseitigen Wegmessung herangezogen werden.

Zum Zeitpunkt t_2 soll eine fahrzeugseitige Ortungsvorrichtung ein zweites Einzelortungsergebnis P_2, t_2 ermittelt haben, dem das Vertrauensintervall VIP2 zuzuordnen ist. Auch dieses Vertrauensintervall wird wegabhängig nach Maßgabe des Vertrauensintervalls der relativen Wegmessung fortgeschrieben, wobei sich das Vertrauensintervall zunehmend vergrößert. Innerhalb der einzelnen Fortschreibungsbereiche kommen für die einzelnen fortgeschriebenen Vertrauensintervalle gleiche Meßabweichungen zur Anwendung; die fortgeschriebenen Intervallgrenzen verlaufen parallel zueinander.

Zum Zeitpunkt t_n liegen so viele absolute Einzelortungsergebnisse und so viele Vertrauensintervalle der Einzelortung vor, daß daraus ein sicherheitsrelevantes Vertrauensintervall SVIPb der absoluten Ortung gebildet werden kann. Dieses Vertrauensintervall ist vorteilhaft auf den Zeitpunkt t_n zu beziehen, an dem das letzte benötigte Einzelortungsergebnis vorliegt, kann jedoch prinzipiell auch auf jeden beliebigen anderen Zeitpunkt t_b bezogen werden. Zum Bezugszeitpunkt $t_b = t_n$ werden der maximale und der minimale Wert der zum Bilden

des sicherheitsrelevanten Vertrauensintervalls herangezogenen Vertrauensintervalle der absoluten Einzelortungsergebnisse ermittelt. Es sind dies im dargestellten Ausführungsbeispiel die Werte des fortgeschriebenen Vertrauensintervalls VIP2 des zum Zeitpunkt t2 ermittelten Ortungsergebnisses; die oberen und unteren Grenzen der Einzelvertrauensintervalle können auch zu verschiedenen Vertrauensintervallen gehören. Auf die auf den Zeitpunkt t_b fortgeschriebenen oberen und unteren Vertrauensintervallgrenzen der Ortungsergebnisse wird nun das bislang geltende fortgeschriebene Vertrauensintervall der absoluten Ortung SVIPo* zurückgesetzt. Von dort an vergrößert sich das Vertrauensintervall VIPb mit dem Vorrücken des Fahrzeugs zunehmend, bis zu einem späteren Zeitpunkt erneut eine Reduzierung auf einen dann gültigen Wert vorgenommen werden kann. Diese Reduzierung kann wiederum durch Konsistenzprüfung mehrerer Einzelortungsergebnisse mit individuell zugeordneten Vertrauensintervallen geschehen oder auch punktförmig beim Passieren eines dafür vorgesehenen Gleisgerätes. Im letztgenannten Fall wird dann das dieser Position zugeordnete Vertrauensintervall auf den Wert null oder einen sehr kleinen Wert gesetzt, andernfalls auf den Wert, der sich aus dem Fortschreiben der Einzelortungsergebnisse bis zum neuen Bezugszeitpunkt ergibt.

Bei dem vorstehend erläuterten Ausführungsbeispiel ist vereinfachend angenommen worden, daß die Konsistenzprüfung der z. B. drei Einzelortungsergebnisse zum Zeitpunkt t_b abgeschlossen ist, so daß zu diesem Zeitpunkt auch die Rückstellung des wegabhängig fortgeschriebenen sicherheitsrelevanten Vertrauensintervalls einer früheren Ortungslösung vorgenommen werden kann. Üblicherweise aber benötigt diese Konsistenzprüfung eine bestimmte Zeitspanne, so daß zwischen dem Zeitpunkt t_a der Berechnung eines aktuellen Vertrauensintervalls und dem Zeitpunkt t_b, auf den die Rückstellung erfolgen soll, eine gewisse Zeitspanne vergeht. Diese Zeitspanne kann durchaus in der Größenordnung von einigen Sekunden liegen. Die Korrektur des Vertrauensintervalls erfolgt in diesem Fall auf einen in der Vergangenheit liegenden Bezugszeitpunkt t_b. Der aktuelle Fahrort des Fahrzeugs ergibt sich dann durch Fortschreiben des auf den Bezugszeitpunkt t_b zurückgesetzten Vertrauensintervalls SVIPb nach Maßgabe der oberen und unteren Grenze des seither zurückgelegten Fahrweges Lu, t_a bzw. Lo, t_a unter Berücksichtigung der möglichen Mißweisungen der Wegmessung zwischen dem Bezugszeitpunkt und dem aktuellen Zeitpunkt t_a, an dem die Validierung und Verifizierung der Einzelpositionslösungen abgeschlossen ist. Das Fortschreiben der rückgesetzten Vertrauensintervallgrenzen läßt sich auch aus der Vorrückgeschwindigkeit des Fahrzeugs zwischen dem Bezugszeitpunkt und dem aktuellen Zeitpunkt und der dadurch definierten Fahrzeit ermitteln, wobei etwaige zu berücksichtigende Meßfehler dabei die Vertrauens-

intervallgrenzen aufweiten.

Im vorstehenden ist vereinfacht angenommen worden, daß die absoluten Einzelortungsergebnisse zu den Zeitpunkten t₁, t₂ bis t_n ermittelt und ihre Vertrauensintervalle ab diesen Zeitpunkten fortgeschrieben werden. Tatsächlich ist es so, daß zwar zu den vorgenannten Zeitpunkten Einzelortungsergebnisse gebildet werden, daß diese aber durch erst später verfügbare Korrekturwerte des Satellitenortungssystems verifiziert werden. Ähnlich dem schon geschilderten Zurücksetzen des sicherheitsrelevanten Vertrauensintervalls SVIPb der absoluten Ortung auf den dann in der Vergangenheit liegenden Bezugszeitpunkt t_b geschieht auch bei den Einzelortungsergebnissen jeweils nach Verifizierung des Ortungsergebnisses über die dafür vorgesehenen Korrekturdaten eine in die Vergangenheit gerichtete Rücksetzung der Ortungsergebnisse auf die Zeitpunkte t₁ bis t_n. Die Rücksetzung geschieht unter Berücksichtigung des Vertrauensintervalls der fahrzeugseitigen Wegmessung entlang der in Figur 1 angegebenen gestrichelten Linien für die wegabhängige Berücksichtigung möglicher Meßabweichungen der relativen Wegmessung. Die rückgesetzten Ortungsergebnisse und ihre Vertrauensintervalle sind zahlenmäßig die Werte, die an der Bildung des sicherheitsrelevanten Vertrauensintervalls der auf den Bezugszeitpunkt t_b bezogenen absoluten Ortung beteiligt sind.

In Figur 2 sind die auf die Zeitpunkte t₁, t₂ und t_n bezogenen verifizierten Einzelortungsergebnisse in Form von Positionen P₁, P₂ und P_n auf der verebneten Raumkurve RK eines Gleises aufgetragen und zwar jeweils zusammen mit dem für sie geltenden Vertrauensintervall. Es ist erkennbar, daß das auf den Bezugszeitpunkt t_b projizierte, als sicherheitsrelevant anzusehende Vertrauensintervall SVIPb zwar größer ist als das Vertrauensintervall VIPn des Einzelvertrauensintervalls zum Zeitpunkt t_n; das neu ermittelte sicherheitsrelevante Vertrauensintervall SVIPb ist auf jeden Fall aber kleiner als das wegabhängig fortgeschriebene sicherheitsrelevante Vertrauensintervall SVIPo* der Ortungsposition zum Zeitpunkt t₀.

Die Einzelortungslösungen, deren individuelle Vertrauensintervalle an der Bildung eines sicherheitsrelevanten Vertrauensintervalls beteiligt werden sollen, werden vor der Konsistenzprüfung ihrer Vertrauensintervalle daraufhin geprüft, ob sie mit der Raumkurve und deren physikalisch möglichen, durch die Historie vorgegebenen Verfahrenswegen konsistent sind. Dabei wird geprüft, ob die Einzelortungslösungen alle auf der gleichen Raumkurve liegen, wobei sicherzustellen ist, daß zwischen aufeinanderfolgenden Einzelortungslösungen kein mindestens dreiwertiger Gleisknoten existiert. Dann nämlich können Einzelortungslösungen mehrdeutig sein und sich auf mehrere Raumkurven beziehen; ihre Vertrauensintervalle dürfen deshalb an der Ermittlung eines als sicherheitsrelevant anzusehenden gleisselektiven Vertrauensintervalls nicht mitwirken und müssen aus dem Spektrum der verfügbaren, in die

Bildung eines sicherheitsrelevanten Vertrauensintervalls einfließenden Einzelvertrauensintervalle aussortiert werden, es sie denn, die Spurführung über diesen Gleisknoten liegt eindeutig fest und wird z. B. von einem Stellwerk garantiert.

Entsprechendes gilt auch für solche Einzelvertrauensintervalle, die größer sind als das seitlich korrespondierende als sicherheitsrelevant anerkannte, durch Anwendung des Vertrauensintervalls der relativen Wegmessung fortgeschriebene Vertrauensintervall des letzten absoluten Ortungsergebnisses. Bei solchen Vertrauensintervallen handelt es sich offensichtlich um Ausreißer, die an der sicherheitsrelevanten Vertrauensintervallermittlung nicht zu beteiligen sind, weil sie verhindern würden, daß sich das fortgeschriebene sicherheitsrelevante Vertrauensintervall zurücksetzen ließe.

Die Einrichtungen zur Eigenortung spurgeführter Fahrzeuge in einem Fahrwegnetz können u.a. die Laufzeiten von terrestrischen oder extraterrestrischen Ortungssendern zu einem Ortungsempfänger bestimmen, um hieraus die jeweilige Fahrzeugposition zu berechnen; von Vorteil ist dabei die Verwendung von Ortungsempfängern in unterschiedlicher technischer Ausgestaltung, weil hierdurch die Gefahr nicht erkennbarer, auf gleichen Störeinflüssen beruhender Ortungs- und Meßfehler vermindert wird.

Die fahrzeugseitigen Ortungseinrichtungen können die jeweilige Fahrzeugposition aber auch z.B. durch Korrelation von aktuellen, sich auf die Strecke beziehenden Sensorsignalen mit entsprechenden, in einem Speicher abgelegten Referenzsignalen bestimmen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Bilden des sicherheitsrelevanten Vertrauensintervalls einer fahrzeugseitig ermittelten Position eines spurgebundenen Fahrzeugs auf einer Raumkurve,
dadurch gekennzeichnet,
daß zeitlich und/oder örtlich versetzt mehrere Einzelortungsmessungen durchgeführt werden und daß die den Einzelortungsergebnissen zugeordneten Vertrauensintervalle (VIP1, VIP2, VIPn) der Ortung durch Anwendung des Vertrauensintervalls einer relativen Wegmessung wegabhängig bis hin zu einem Bezugszeitpunkt (tb) fortgeschrieben werden, zu dem eine vorgegebene Mindestanzahl (n) von Einzelvertrauensintervallen vorliegt und daß die maximalen oberen und unteren Grenzen aller auf den Bezugszeitpunkt (tb) fortgeschriebenen Einzelvertrauensintervalle die Grenzen des zu bildenden sicherheitsrelevanten Vertrauensintervalls (SVIPb) bilden und daß - sofern vorhanden - das zuletzt als sicherheitsrelevant anerkannte und ebenfalls durch Anwendung des Vertrauensintervalls der relativen Wegmessung fortgeschriebene absolute Vertrauensintervall (SVIPo) der Ortung

durch das aktuelle sicherheitsrelevante Vertrauensintervall zurückgestellt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
daß die an der Bildung des sicherheitsrelevanten Vertrauensintervalls (SVIPb) beteiligten Vertrauensintervalle der Einzelortungslösungen durch rückwirkendes Anwenden differenzieller Korrekturdaten für das verwendete Satellitenortungssystem auf die gefundenen Einzelortungsergebnisse, jeweils unter Berücksichtigung des Vertrauensintervalls der relativen Wegmessung für die zwischen dem Bezugszeitpunkt und dem Validierungszeitpunkt der betreffenden Einzelortungslösung zurückgelegte Wegstrecke, gebildet werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
daß der Bezugszeitpunkt (tb) auf den Zeitpunkt (tn) des jeweils zuletzt ermittelten Einzelortungsergebnisses gelegt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet,
daß für das wegabhängige Fortschreiben von Einzel-Vertrauensintervallen fahrortbezogen hinterlegte oder fahrortbezogen berechnete und/oder geschätzte Parameter zur Vertrauensintervallbildung der Wegmessung berücksichtigt werden.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet,
daß die an der Bildung des sicherheitsrelevanten Vertrauensintervalls (SVIPb) beteiligten Einzelortungslösungen (P1,t1; P2,t2, Pn,tn) zuvor auf Konsistenz mit einer Raumkurve (RK) und deren physikalisch möglichen, durch die Historie vorgegebenen Verfahrenswegen geprüft werden.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet,
daß das Vertrauensintervall einer Einzelortungslösung, die nicht in das aktuelle als sicherheitsrelevant anerkannte, durch Anwendung des Vertrauensintervalls der relativen Wegmessung fortgeschriebene Vertrauensintervall fällt, an der Bildung des aktuellen sicherheitsrelevanten Vertrauensintervalls (SVIPb) nicht beteiligt wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Rückstellung des zuletzt als sicherheitsrelevant anerkannten Vertrauensintervalls (SVIPo*) durch das aktuelle Vertrauensintervall (SVIPb) erst nach Abschluß der Validierung der Einzelortungsergebnisse und ihrer Vertrauensintervalle zu einem dann in der Vergangenheit liegenden Bezugszeit-

punkt (tb) erfolgt.

8. Verfahren nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet,
daß für die Bestimmung des Vertrauensintervalls
der augenblicklichen Position eines Fahrzeugs die
Grenzen des sicherheitsrelevanten Vertrauensin- 5
tervals (SVIPb) zum Zeitpunkt (tb) ihrer Ermittlung
nach Maßgabe der Fahrgeschwindigkeit und der
Fahrzeit zwischen Bezugszeitpunkt (tb) und Vali- 10
dierungszeitpunkt (ta) oder der seither zurückge-
legten Fahrstrecke (Lu, ta; Lo, ta), jeweils unter
zusätzlicher Anwendung des Vertrauensintervalls
der relativen Wegmessung, fortgeschrieben wer-
den oder daß die Rücksetzung des Vertrauensin- 15
tervals (SVIPo*) des zuvor als sicherheitsrelevant
anerkannten, durch Anwendung des Vertrauensin-
tervals der relativen Wegmessung fortgeschriebe-
nen Vertrauensintervalls erst zum
Validierungszeitpunkt geschieht. 20

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Einzelortungslösungen jeweils durch Lauf-
zeitmessungen zu terrestrischen oder extraterre- 25
strischen Ortungssendern gebildet werden.

10. Verfahren nach Anspruch 9,
dadurch gekennzeichnet,
daß für die Bestimmung der Einzelortungslösungen
jeweils Ortungsempfänger in möglichst diversitärer 30
technischer Ausprägung verwendet werden.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10,
dadurch gekennzeichnet, 35
daß die Einzelortungslösungen jeweils durch Korre-
lation aktueller Streckendaten auf zuvor in einem
Streckenatlas hinterlegte entsprechende Referenz-
daten gebildet werden. 40

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Einzelortungslösungen unter Verwendung
mehrerer Ortungsempfänger auf einem oder meh- 45
reren Fahrzeugen eines Zugverbandes ermittelt
und über mindestens ein Ortungsmodul der Stre-
ckenkilometrierung zuordnet werden, die den Bezug
zur relativen Wegmessung und dem fahrortbezoge-
nen Vertrauensintervall der relativen Wegmessung 50
herstellt.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Einzelortungslösungen unter Verwendung
mindestens eines Ortungsempfängers auf einem 55
Fahrzeug ermittelt werden, der mehrere Einzelor-
tungslösungen zu aufeinander folgenden Zeitpunk-
ten erstellt, und daß diese Einzelortungslösungen

über ein Ortungsmodul der Streckenkilometrierung
zugeordnet werden, die den Bezug zur relativen
Wegmessung und dem fahrortbezogenen Vertrau-
ensintervall der relativen Wegmessung herstellt.

Fig. 1

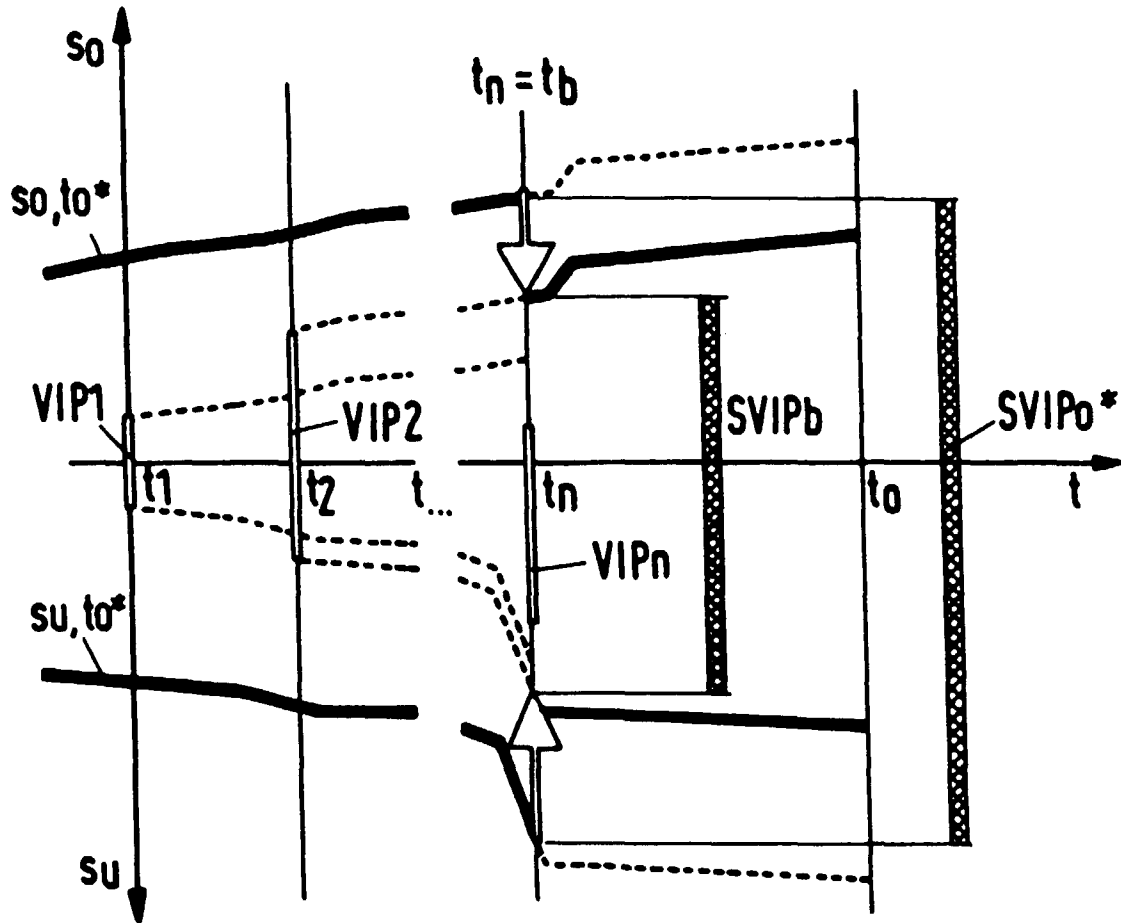


Fig. 2

