



(19)
 Bundesrepublik Deutschland
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2005 046 456 B4** 2007.06.06

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2005 046 456.4**
 (22) Anmeldetag: **20.09.2005**
 (43) Offenlegungstag: **29.03.2007**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **06.06.2007**

(51) Int Cl.⁸: **G01C 23/00** (2006.01)
B61L 27/00 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 2 Patentkostengesetz).

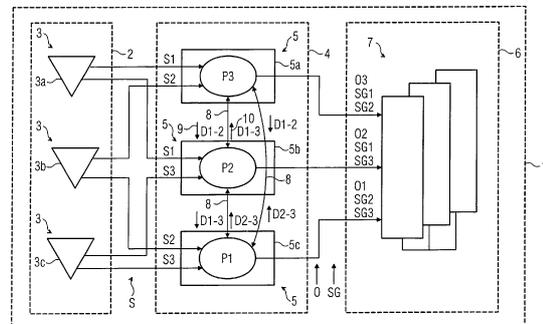
(73) Patentinhaber:
Siemens AG, 80333 München, DE

(72) Erfinder:
Kendelbacher, Detlef, Dr., 13129 Berlin, DE;
Pliquett, Volker, Dipl.-Ing., 12621 Berlin, DE; Stein,
Fabrice, Dipl.-Ing., 12621 Berlin, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:
DE 197 30 259 C1
DE 195 32 104 C1
DE 103 38 234 A1
US 67 68 447 B2
EP 14 18 109 A1
EP 08 25 418 A2
EP 07 62 363 A1
EP 07 36 441 A1
EP 03 58 785 B1

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Bestimmung des Orts und/oder einer Bewegungsgröße von sich bewegenden Objekten, insbesondere von sich bewegenden spurgebundenen Fahrzeugen**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Bestimmung des Orts (O) und/oder einer Bewegungsgröße von sich bewegenden Objekten (1), insbesondere von sich bewegenden spurgebundenen Fahrzeugen, bei dem mindestens drei Sensoren (3a, 3b, 3c) im Objekt (1) angeordnet sind, die unabhängig voneinander Sensordaten (S1, S2, S3) über den Ort (O1, O2, O3) und/oder die Bewegungsgröße ermitteln und an Prozesse (P1, P2, P3) übergeben, die auf einem oder mehreren ebenfalls im Objekt (1) angeordneten Vorverarbeitungsrechnern (5a, 5b, 5c) ablaufen, wobei jeder Prozess (P1, P2, P3) die Sensordaten (S1, S2, S3) von mindestens zwei Sensoren (3a, 3b, 3c) verarbeitet und wobei jeder Sensor (3a, 3b, 3c) seine Sensordaten (S1, S2, S3) an mindestens zwei Prozesse (P1, P2, P3) übergibt, bei dem jeder Prozess (P1, P2, P3) einen Differenzfaktor (D1-2, D1-3, D2-3) aus der Differenz der Sensordaten (S1, S2, S3) von je zwei Sensoren (3a, 3b, 3c) berechnet, bei dem die Prozesse (P1, P2, P3) die...



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung des Orts und/oder einer Bewegungsgröße von sich bewegenden Objekten, insbesondere von sich bewegenden spurgebundenen Fahrzeugen, gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Es ist bekannt, dass es zur Steuerung des Bahnverkehrs erforderlich ist, den Aufenthaltsort der Fahrzeuge zu bestimmen. Zur Ortung sind deshalb Sensoren in den Fahrzeugen installiert, wobei unterschiedliche Wirkprinzipien für die Ortung bekannt sind. Dabei sind Wegimpulsgeber weit verbreitet, die aus den Radumdrehungen jeweils Impulse für die Weg- und Geschwindigkeitsberechnung ableiten. Daneben werden auch Beschleunigungssensoren und Radarsysteme eingesetzt. Mittlerweile sind auch erste satellitengestützte Ortungssysteme auf der Basis von GPS (Global Positioning System) bekannt. Alle bekannten Ortungssensoren weisen spezifische Eigenschaften und Fehlertoleranzen auf, weshalb es vorkommen kann, dass die Ortungssensoren in besonderen Situationen unbrauchbare oder keine Daten liefern. So sind die Ortungsdaten der Wegimpulsgeber bei erhöhtem Schlupf in den Antriebs- und Bremsphasen mit großen Fehlern behaftet. Aus diesem Grunde werden manchmal mehrere Sensoren für die Ortung eingesetzt und deren Ortungsdaten miteinander verknüpft, um den Aufenthaltsort eines Zuges genauer angeben zu können, wobei die Sensordaten auch auf Plausibilität geprüft werden.

[0003] Bei dem European Train Control System (ETCS) zur Zugsicherung ist die Ermittlung des Aufenthaltsortes eines Fahrzeugs (Zuges) eine sicherheitskritische Aufgabe, bei der der Aufenthaltsort innerhalb eines sicherheitsrelevanten Vertrauensintervalls zu bestimmen ist, das ein Maß für die aktuelle Ortungsgenauigkeit ist. Dieses Vertrauensintervall ist dynamisch, d.h. es hängt jeweils von der aktuellen Ortungsgenauigkeit ab und kann sich während der Fahrt des Fahrzeugs ändern. Ein größeres Vertrauensintervall bedeutet eine ungenauere Bestimmung des Aufenthaltsortes eines Zuges, was mit der Zunahme negativer Einflüsse auf den Betriebsablauf verbunden ist. Um eine Kumulation der Fehler der Ortungssensoren zu verringern, können zusätzlich elektronische Einrichtungen (beispielsweise Balisen) an vorgegebenen Positionen im Streckenverlauf angeordnet werden, die vom Fahrzeug gelesen werden können, wobei die Fahrzeuge die gelesenen Informationen zur Synchronisierung der Ortungsdaten verwenden. An diesen Synchronisationspunkten wird das während der Fahrt sukzessive größer werdende Vertrauensintervall wieder verkleinert.

[0004] Um den hohen Anforderungen an die Ausfallsicherheit eines Zugsicherungssystems gerecht zu werden, werden die Ortungssysteme meist redun-

dant ausgelegt und müssen den Ausfall einzelner Sensoren tolerieren. Deswegen werden bei Zugsicherungssystemen die vorhandenen Ortungssensoren oft doppelt eingebaut.

[0005] Die Ortung der Fahrzeuge im Bahnverkehr erfolgt oft unter schwierigen äußeren Einflüssen, wie beispielsweise Wasser, Eis, Verschmutzung, Tunnel, Brücken und dem unterschiedlich beschaffenen Oberbau. Um in einem Ortungssystem mit mehreren Sensoren temporär wirkende Ausfälle und Fehler einzelner Sensoren bei der Fahrzeugortung kompensieren zu können, müssen die Eigenschaften und Fehlermöglichkeiten der eingesetzten Sensoren genau analysiert und bewertet werden. Insbesondere erfordert die Berechnung des Vertrauensintervalls der Ortung komplizierte Algorithmen bei der Verarbeitung und Verknüpfung der Sensordaten. Aufgrund der Sicherheitsforderungen des Bahnverkehrs ist dies meist mit einem aufwendigen Zulassungsprozess verbunden.

[0006] Unter wechselnden äußeren Einflüssen zeigen die verfügbaren Ortungssensoren ein spezifisches und schwankendes Fehlerverhalten, welches zeitweise zu einer Verminderung der Ortungsgenauigkeit führen kann. Die damit verbundenen vergrößerten Vertrauensintervalle bei der Ortsbestimmung können zur Behinderung des Bahnverkehrs führen.

[0007] Transiente oder persistente Ausfälle einzelner Ortungssensoren führen weiter zur Verminderung der Ortungsgüte oder sogar zum Ausfall der gesamten Fahrzeugortung, wodurch massive Betriebsbehinderungen verursacht werden können.

[0008] Um den Sicherheitsanforderungen des Bahnverkehrs zu genügen, werden bei der Ortung so genannte sichere Rechner eingesetzt, die beispielsweise aus mehreren parallel arbeitenden Rechnern bestehen, welche die erhaltenen Rechenergebnisse untereinander vergleichen und eine Bewertung vornehmen. Nur wenn die Ergebnisse von mindestens zwei Rechnern übereinstimmen, wird das Ergebnis an den zu steuernden Prozess weitergegeben; bei Nichtübereinstimmung erfolgt eine entsprechende Sicherheitsreaktion.

[0009] Außerdem ist aus der EP 1 418 109 A1 ein Verfahren zur sicheren Lage- und Geschwindigkeitsbestimmung für schienengebundene Fahrzeuge bekannt, bei dem die Lage und die Geschwindigkeit der Fahrzeuge repräsentierende Größen mittels wenigstens zweier verschiedener Messverfahren bestimmt werden. Dabei sind beide Messverfahren voneinander unabhängig, d. h. sie weisen beispielsweise jeweils eine eigene Zeitbasis auf. Die mittels der beiden Messverfahren ermittelten Größen werden wenigstens einer Auswerteeinheit zugeführt, die daraus die genaue Lage und Geschwindigkeit bestimmt und

gleichzeitig sicherheitskritische Entscheidungen ermöglicht.

[0010] Weiter ist aus der EP 0 825 418 A2 ein Verfahren zur fehlertoleranten Positionsermittlung eines Objekts bekannt, bei dem zu jedem Auswertzeitpunkt von mehreren Sensoren jeweils Angaben zur Position mit individueller Güte bereitgestellt werden. Die Positionen werden nach den Sensoren zugeordneten Wichtungsfaktoren gewichtet, um die Objektposition genau zu ermitteln. Anhand der ermittelten Positionen werden weiter für den nächsten Auswertzeitpunkt Schätzungen vorgenommen, welche mit der anschließend ermittelten Objektposition verglichen werden, um die Wichtungsfaktoren fortlaufend anzupassen.

[0011] Die DE 103 38 234 A1 beschreibt ein Verfahren zur sicheren Ortung eines fahrenden Schienenfahrzeugs, bei dem Informationen von mehreren verschiedenen Sensoren empfangen werden, die anschließend einer Plausibilitätsprüfung unterliegen. Dann werden auf der Basis der Informationen ein Ort und ein dem Ort zugeordnetes Vertrauensintervall mittels einer stochastischen Fusion bestimmt, vorausgesetzt, es konnten mindestens zwei plausible Informationen identifiziert werden.

[0012] Der DE 195 32 104 C1 ist ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Bestimmung der Position eines sich auf einer vorgegebenen Spur bewegenden Fahrzeugs unter Verwendung eines MAP-Matching-Verfahrens entnehmbar. Dabei werden Ortsdaten, Weglängendaten und Streckenverlaufsdaten verwendet und eine Datenkorrelation durchgeführt.

[0013] Weiter offenbart die EP 0 736 441 A1 ein Messsystem zur Ermittlung von Fahrdaten eines Schienenfahrzeugs, das neben einem Positions- und/oder Geschwindigkeitsmesssystem eine Navigationseinheit umfasst, um ein redundantes Messsystem zur Verfügung zu haben, das zuverlässig arbeitet und weitere Messwerte für die Steuerung des Schienenfahrzeugs zu ermitteln gestattet.

[0014] Aus der DE 197 30 259 C1 ist noch ein Verfahren und eine Anordnung zum Prüfen eines Doppelsensorsystems bekannt, das bei sicherungstechnischen Anwendungen zur Ortung einsetzbar ist, wobei der zweite Sensor zur Prüfung des ersten Sensors herangezogen wird.

[0015] Die Aufgabe der Erfindung ist es, eine hohe Genauigkeit bei der Bestimmung des Orts und/oder einer Bewegungsgröße sicherzustellen. Weiterhin besteht die Aufgabe darin, die Genauigkeit und die Verfügbarkeit der Ortung skalierbar in Bezug auf die Höhe der Anforderungen zu gestalten, so dass deren Verwendung bei unterschiedlichen Einsatzbedingungen und in verschiedenartigen Steuerungssystemen

möglich wird.

[0016] Die Aufgabe der Erfindung wird gemäß den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst; die Unteransprüche enthalten vorteilhafte Ausgestaltungen.

[0017] Für ein Verfahren zur Bestimmung des Orts und/oder einer Bewegungsgröße von sich bewegenden Objekten, insbesondere von sich bewegenden spurgebundenen Fahrzeugen, sieht die Lösung vor, dass mindestens drei Sensoren im Objekt angeordnet sind, die unabhängig voneinander Sensordaten über den Ort und/oder die Bewegungsgröße ermitteln und an Prozesse übergeben, die auf einem oder mehreren ebenfalls im Objekt angeordneten Vorverarbeitungsrechnern ablaufen, wobei jeder Prozess die Sensordaten von mindestens zwei Sensoren verarbeitet und wobei jeder Sensor seine Sensordaten an mindestens zwei Prozesse übergibt, dass jeder Prozess einen Differenzfaktor aus der Differenz der Sensordaten von je zwei Sensoren berechnet, dass die Prozesse die Differenzfaktoren untereinander austauschen und anhand der ausgetauschten Differenzfaktoren die Sensorgüte für jeden Sensor als Maß für die aktuelle Sensorgenauigkeit ermitteln, dass die Prozesse anhand der Sensordaten und der Sensorgüte jeweils den Ort und/oder die Bewegungsgröße jeweils gewichtet mit der zugehörigen Sensorgüte berechnen, dass jeder Prozess die Orte und/oder Bewegungsgrößen und die Sensorgüte an einen ebenfalls im Objekt angeordneten sicheren Rechner übergibt, der die Orte und/oder Bewegungsgrößen und/oder die Sensorgüte jeweils vergleicht und die Orte und/oder Bewegungsgrößen und die Sensorgüte nicht verwirft, die mehrheitlich innerhalb vorgegebener Toleranzen liegen, während er die außerhalb liegenden verwirft, und dass der sichere Rechner aus den nicht verworfenen Orten und/oder Bewegungsgrößen jeweils gewichtet mit der zugehörigen Sensorgüte einen Ort und/oder eine Bewegungsgröße berechnet.

[0018] Zur Erhöhung der Genauigkeit wird vorgeschlagen, dass die Sensoren bezogen auf den Ort als auch auf jede Bewegungsgröße nach unterschiedlichen Wirkprinzipien arbeiten.

[0019] Zur Erhöhung der Sicherheit wird vorgeschlagen, die Prozesse in den Vorverarbeitungsrechnern aus unterschiedlicher Software (diversitär) aufzubauen.

[0020] Zur Erhöhung der Verfügbarkeit und der Sicherheit wird vorgeschlagen, die Vorverarbeitungsprozesse auf mehrere Vorverarbeitungsrechner aufzuteilen.

[0021] Zur weiteren Erhöhung der Genauigkeit und der Verfügbarkeit wird vorgeschlagen, mehr als drei unabhängig arbeitende Sensoren zu verwenden.

[0022] Technisch vorteilhaft ist es, wenn der Algorithmus zur Bestimmung der Sensorgüte sensorspezifische Toleranzen berücksichtigt.

[0023] Eine erhöhte Genauigkeit ergibt sich, wenn zur Berechnung des Vertrauensintervalls im sicheren Rechner neben den sensorspezifischen Toleranzen die Sensorgüte jeweils mit berücksichtigt wird.

[0024] Ein besseres Ausfallverhalten lässt sich erzielen, wenn mehrere Vorverarbeitungsrechner vorgesehen sind.

[0025] Genauigkeitserhöhend wirkt sich auch aus, wenn das Verfahren bezüglich der Verwerfung der Orte und/oder Bewegungsgrößen und der Sensorgüte mit bekannten Plausibilitätsverfahren kombiniert wird.

[0026] Mit dem Verfahren wird eine sichere Ortung von Fahrzeugen ermöglicht, wobei Fehlereinflüsse einzelner Sensoren minimiert werden. Die Ortsberechnung nutzt im Wesentlichen nur die Daten der korrekt arbeitenden Sensoren, wobei resynchronisierte Sensoren automatisch wieder in die Ortsberechnung einbezogen werden. Insbesondere für den Fall, dass mehrere Sensoren gleichzeitig eine geringe Datenqualität liefern, kann aufgrund der sensorspezifischen Bewertung und Gewichtung der Daten ein gut verwendbares Ortungsergebnis erhalten werden. Die Berücksichtigung der Qualität der Sensordaten schützt vor Fehlentscheidungen bei den Mehrheitsentscheidungen, d.h. liefern zwei Sensoren eine geringere Datenqualität, führt das nicht automatisch zur Suspendierung eines dritten Sensors mit hoher Datenqualität. Dadurch werden verfahrensbedingte Fehler verringert. Grundsätzlich lässt sich die Genauigkeit der Ortung durch zusätzliche Sensoren erhöhen. Die Anzahl der verwendeten Vorverarbeitungsrechner ist unbegrenzt, so dass eine vollständige diversitäre Vorverarbeitung der Ortungsdaten sichergestellt werden kann. Dabei können Sicherheits-, Verfügbarkeits- und Performanceanforderungen skaliert werden.

[0027] Mit den Parametern der sensorspezifischen Ortungsgüte steht eine Matrix zur Verfügung, die neben der Verbesserung der Ortungsgenauigkeit auch eine Bewertung der korrekten Funktion der Vorverarbeitungsrechner zulässt und damit eine teilweise Auslagerung der sicherheitskritischen Ortung auf eine Plattform mit geringerem Sicherheits-Level unterstützt. Der sichere Rechner wird von arbeitsintensiven Aufgaben entlastet, wenn der Vorverarbeitungsrechner mit der Verarbeitung der Sensordaten einen erheblichen Anteil an der Fahrzeugortung hat.

[0028] Die Erfindung wird nachfolgend anhand einer Zeichnung näher beschrieben. Es zeigen:

[0029] [Fig. 1](#) eine schematische Darstellung des Verfahrens mit drei Ortungssensoren, drei Vorverarbeitungsrechnern und einem sicheren Rechner,

[0030] [Fig. 2](#) den Ablauf gemäß [Fig. 1](#) im Vorverarbeitungsrechner und

[0031] [Fig. 3](#) den Ablauf gemäß [Fig. 1](#) im sicheren Rechner.

[0032] [Fig. 1](#) zeigt eine schematische Darstellung eines Verfahrens zur Bestimmung des Orts eines sich bewegenden spurgebundenen Fahrzeugs als sich bewegendes Objekt, das in [Fig. 1](#) als Rahmen **1** dargestellt ist. Mit diesem Verfahren können zusätzlich oder unabhängig von der Ortsbestimmung entsprechende Bewegungsgrößen des Fahrzeugs bestimmt werden. Zu den Bewegungsgrößen zählen insbesondere die Geschwindigkeit als auch die Beschleunigung des Fahrzeugs. In dem das Fahrzeug darstellenden Rahmen **1** sind drei weitere Rahmen **2**, **4**, **6** enthalten, wobei der Rahmen **2** Ortungssensoren **3** (Sensoren **3a**, **3b**, **3c**), der Rahmen **4** Vorverarbeitungsrechner **5** und der Rahmen **6** einen sicheren Rechner **7** (Fahrzeugrechner) beinhaltet, welche alle im Fahrzeug (Rahmen **1**) angeordnet sind. Die Vorverarbeitungsrechner **5** können dabei eine deutlich geringere Sicherheitsanforderungsstufe als ein sicherer Rechner **7** besitzen oder ganz ohne Sicherheitsanforderungen arbeiten.

[0033] Der Rahmen **2** zeigt drei im Fahrzeug angeordnete kontinuierlich wirkende Ortungssensoren **3**, die als Wegimpulsgeber **3a**, als Radar **3b** und als GPS-Empfänger **3c** (Global Positioning System) ausgebildet sind und damit diversitär arbeiten. Die Ortungssensoren **3** ermitteln jeweils unabhängig voneinander kontinuierlich Sensordaten *S* (Ortungspriärdaten), welche sie an auf den Vorverarbeitungsrechnern **5** ablaufende Prozesse *P1*, *P2*, *P3* (Programme) zur Verarbeitung übergeben (die Sensordaten *S* sind hier schematisch als gestrichelte Linien zwischen den Rahmen **2** und **3** dargestellt, wobei die Sensordaten des Ortungssensors **3a** mit *S1* bezeichnet sind, usw.). Wie die [Fig. 1](#) zeigt, sind hier drei unabhängig voneinander arbeitende Vorverarbeitungsrechner **5a**, **5b**, **5c** vorhanden, bei denen es sich zwar um die gleichen Vorverarbeitungsrechner **5** handeln kann, aber nicht handeln muss. Genauso können die Prozesse *P1*, *P2*, *P3* gleich sein. In beiden Fällen ist es aber zweckmäßig, wenn dies nicht der Fall ist, um das Erkennen von Fehlern durch die Verwendung von unterschiedlichen Prozessen *P1*, *P2*, *P3* und unterschiedlichen Rechnern **5a**, **5b**, **5c** zu erhöhen. Es kann sich aber selbstverständlich auch um einen einzigen Vorverarbeitungsrechner **5** handeln, auf dem dann alle drei Prozesse *P1*, *P2*, *P3* unabhängig voneinander ablaufen.

[0034] In den Vorverarbeitungsrechnern **5** sind also

eine Anzahl separate diversitäre Prozesse P1, P2, P3 implementiert, die unabhängig voneinander die Daten der angeschlossenen Sensoren S1, S2, S3 verarbeiten. Die Anzahl der diversitären Prozesse P1, P2, P3 ergibt sich aus der Anzahl der verwendeten Sensoren S1, S2, S3. Die Aufteilung der diversitären Prozesse P1, P2, P3 auf die Vorverarbeitungsrechner **5** hängt von deren Anzahl ab. Bei Verwendung eines Vorverarbeitungsrechners **5** laufen alle Prozesse P1, P2, P3 auf diesem Rechner **5**. Bei Verwendung mehrerer Vorverarbeitungsrechner **5** kann in jedem Vorverarbeitungsrechner **5** mindestens ein Prozess P1, P2, P3 angeordnet werden. Bei drei Ortungssensoren S1, S2, S3 und drei Vorverarbeitungsrechnern **5a**, **5b**, **5c** kann beispielsweise je Vorverarbeitungsrechner **5** ein Prozess P1, P2, P3 implementiert werden.

[0035] [Fig. 1](#) ist entnehmbar, dass jeder Sensor **3** seine Sensordaten S an mindestens zwei Prozesse P1, P2, P3 übergibt, die Sensordaten S eines Ortungssensors **3a**, **3b**, **3c** werden also parallel mindestens zwei verschiedenen Prozessen P1 und P2, P3 und P2, P1 und P3 der Vorverarbeitungsrechner **5** zugeführt.

[0036] Jeder Prozess P1, P2, P3 eines Vorverarbeitungsrechners **5** wertet die Sensordaten S (Ortungsprimärdaten) der angeschlossenen Sensoren **3** aus. Vorteilhaft ist es, die Auswertung innerhalb der Prozesse P1, P2, P3 nach verschiedenen diversitären Algorithmen durchzuführen, um die Wahrscheinlichkeit für gleiche algorithmische Fehler bei der Ausführung unterschiedlicher Prozesse P1, P2, P3 zu minimieren.

[0037] In [Fig. 1](#) übergibt der Sensor **3a** seine Sensordaten S1 an die Prozesse P2 und P3, der Sensor **3b** seine Sensordaten S2 an die Prozesse P1 und P3 und der Sensor **3c** seine Sensordaten S3 an die Prozesse P1 und P2. Das bedeutet, dass hier jeder Prozess P1, P2, P3 die Sensordaten von genau zwei Sensoren **3** erhält. Jeder Prozess P1, P2, P3 errechnet aus der Differenz der Sensordaten S1, S2, S3 einen Differenzfaktor, nämlich D1-2, D1-3 und D2-3. Die Pfeile **8** sollen andeuten, dass die Prozesse P zumindest die Differenzfaktoren D1-2, D1-3, D2-3 austauschen. So zeigt der kleine Pfeil **9**, dass der Prozess P3 den Differenzfaktor D1-2 an den Prozess P2 übergibt. Umgekehrt übergibt der Prozess P2 den Differenzfaktor D1-3 an den Prozess P3 (Pfeil **10**). Ein entsprechender Austausch findet wie in [Fig. 1](#) gezeigt auch zwischen den Prozessen P1 und P2 sowie P1, P2, P3 statt. Somit stehen allen Prozessen P1, P2, P3 alle drei Differenzfaktoren D1-2, D1-3, D2-3 zur Verfügung, woraus die Prozesse P1, P2, P3 eine Sensorgüte SG als Maß für die berechnete Sensorgenauigkeit ermitteln. Die Sensorgüte SG1, SG2, SG3 wird dabei umso höher bewertet, je geringer die Differenzfaktoren D1-2, D1-3, D2-3 zweier Vorver-

arbeitungsprozesse P1, P2, P3 bezüglich eines gemeinsamen Sensors **3a**, **3b**, **3c** ausfallen. Eine hohe Sensorgüte SG1, SG2, SG3 für einen Sensor **3a**, **3b**, **3c** stützt sich damit auf die übereinstimmende Beurteilung von drei Sensoren **3a**, **3b**, **3c** durch zwei Vorverarbeitungsprozesse P1, P2, P3. Anhand der Sensordaten S und der Sensorgüte SG berechnen die Prozesse P1, P2, P3 jeweils einen mittleren Ort O1, O2, O3, der jeweils mit der zugehörigen Sensorgüte SG1, SG2, SG3 gewichtet ist. Wie die [Fig. 1](#) zeigt, werden die Orte O1, O2, O3 und die Sensorgüte SG1, SG2, SG3 von den Vorverarbeitungsrechnern **5a**, **5b**, **5c** an den sicheren Rechner **7** übergeben (schematisch ist die Übergabe der Sensorgüte SG und der Orte O als Linien zwischen den Rahmen **4** und **6** dargestellt). So übergibt der Vorverarbeitungsrechner **5a** einen ermittelten Ort O3 und die beiden Sensorgüten SG1 und SG2 der beiden Sensoren **3a**, **3b** an den sicheren Rechner **7**, da der Vorverarbeitungsrechner **5a** die Sensordaten S1, S2 von den beiden Sensoren **3a**, **3b** erhalten hat. Eine entsprechende Übergabe erfolgt von den Vorverarbeitungsrechnern **5b** und **5c**.

[0038] An den sicheren Rechner **7** können bei Bedarf zusätzliche Sensoren angeschlossen werden, wie beispielsweise ein Balisenleser (hier nicht gezeigt).

[0039] [Fig. 2](#) zeigt schematisch den oben beschriebenen Ablauf im Vorverarbeitungsrechner **5a**, der in [Fig. 2](#) in drei Schritte gegliedert ist (die Abläufe in den beiden anderen Vorverarbeitungsrechnern **5b**, **5c** erfolgen entsprechend).

[0040] Im ersten Schritt erfolgt die Übergabe der Sensordaten S1, S3, die vom Vorverarbeitungsrechner **5a** gelesen werden. Nach dem Lesen werden die Sensordaten S1, S3 aufbereitet (z. B. kann eine Transformation in ein geeignetes Koordinatensystem durchgeführt werden). Anschließend führt der Vorverarbeitungsrechner **5a** eine Differenzbildung der Sensordaten S1, S3 durch, indem er den Differenzfaktor D2-3 berechnet.

[0041] Der erste prozessinterne Verarbeitungsschritt dient dabei also der Ermittlung der Übereinstimmung der Sensordaten S (Ortungsprimärdaten) der angeschlossenen Sensoren **3**. Für diese Ermittlung ist gegebenenfalls eine Vorverarbeitung der gelieferten Sensordaten S notwendig, wie beispielsweise Transformation in ein geeignetes Koordinatensystem. Das Maß der Übereinstimmung der Sensordaten S wird mittels einer Kenngröße (dem Differenzfaktor D1-2, D1-3, D2-3) bewertet. Der aktuelle Differenzfaktor D1-2, D1-3, D2-3 kann zwischen einem Minimum (beste Übereinstimmung) und einem Maximum (keine Übereinstimmung) liegen. Für die Ermittlung des Differenzfaktors D1-2, D1-3, D2-3 können prozessspezifisch festgelegte Toleranzen genutzt

werden.

[0042] Im zweiten Schritt werden die Differenzfaktoren D1-2, D1-3 von den beiden anderen Vorverarbeitungsrechnern **5b**, **5c** übernommen und der Differenzfaktor D2-3 an die beiden anderen Vorverarbeitungsrechner **5b**, **5c** übergeben. Die Sensordaten werden mit Hilfe der Differenzfaktoren D1-2, D1-3, D2-3 einem Plausibilitätstest unterzogen, der das Ziel hat, erhebliche Sensorfehler zu offenbaren und deren Daten S1, S2, S3 von der weiteren Verarbeitung auszuschließen. Anschließend erfolgt die Berechnung der Sensorgüte SG1, SG2, SG3 für alle Sensoren **3a**, **3b**, **3c**, deren Daten S1, S2, S3 plausibel sind. Aus dem Vergleich von D1-2 mit D2-3 wird die Sensorgüte SG2 und aus dem Vergleich von D1-3 mit D2-3 wird die Sensorgüte SG3 bestimmt. Dem schließt sich der dritte Schritt an, bei dem ein gemittelter Ort O1 anhand der Sensordaten S2, S3 und der Sensorgüte SG2, SG3 als Gewichtungsfaktoren berechnet wird. Der so berechnete Ort O1 mit der ermittelten Sensorgüte SG2, SG3 wird dann an den sicheren Rechner **7** übergeben. Der gesamte Ablauf wiederholt sich zyklisch für die jeweils aktuellen Sensordaten S1, S2, S3.

[0043] Der zweite Verarbeitungsschritt dient also der Ermittlung der Qualität der aktuellen Daten S1, S2, S3 jedes angeschlossenen Sensors **3** (sensorspezifische Ortungsgüte als Sensorgüte SG1, SG2, SG3). In diesem Schritt wird der prozessintern ermittelte Differenzfaktor D1-2, D1-3, D2-3 mit dem der anderen Prozesse P1, P2, P3 verglichen. Dieses erfolgt durch wechselseitige Übertragung der prozessspezifisch ermittelten Differenzfaktoren D1-2, D1-3, D2-3 zwischen den Prozessen P1, P2, P3. Dazu sind diejenigen Prozesse P1, P2, P3 miteinander gekoppelt, die mindestens einen gemeinsamen Sensor **3a**, **3b**, **3c** (Ortungssensor) benutzen. Aus dem Vergleich der Differenzfaktoren D1-2, D1-3, D2-3 zweier Prozesse P1, P2, P3 mit einem gemeinsamen Sensor **3a**, **3b**, **3c** kann mit hoher Wahrscheinlichkeit auf die Qualität der Sensordaten S1, S2, S3 (Ortungsprimärdaten) des gemeinsamen Sensors **3a**, **3b**, **3c** geschlossen werden. Wenn beispielsweise die Differenzfaktoren D1-2, D1-3, D2-3 zweier Prozesse P1, P2, P3 vergleichbar sind, die einen gemeinsamen Sensor **3a**, **3b**, **3c** nutzen, kann die Sensorgüte SG1, SG2, SG3 bzw. Ortungsgüte des gemeinsamen Sensors **3a**, **3b**, **3c** übereinstimmend bewertet werden. Sind die Differenzfaktoren D1-2, D1-3, D2-3 dagegen stark unterschiedlich, kann aus dem Vergleich eine Schlussfolgerung auf die Sensorgüte SG1, SG2, SG3 bzw. Ortungsgüte der anderen beteiligten Sensoren **3a**, **3b**, **3c** gezogen werden.

[0044] Neben dem Vergleich der Differenzfaktoren D1-2, D1-3, D2-3 können in diesem Verarbeitungsschritt weitere Analysen nach dem Stand der Technik erfolgen, um die Plausibilität der Daten S1, S2, S3

einzelner Sensoren **3a**, **3b**, **3c** zu bewerten. Beispielsweise sind Analysen auf der Basis zurückliegender Sensordaten S (Ortungsprimärdaten) und der bekannten Fahrzeugdynamik möglich. Die in diesem Verarbeitungsschritt ermittelte sensorspezifische Sensorgüte SG1, SG2, SG3 bzw. Ortungsgüte ist ein Maß für das Vertrauen, das den aktuellen Sensordaten S1, S2, S3 entgegengebracht werden kann. Sie kann zwischen einem Maximum (höchste Qualität der Sensordaten S1, S2, S3) und einem Minimum (Sensordaten S1, S2, S3 nicht verwendbar) liegen. Für die Ermittlung der sensorspezifischen Sensorgüte SG1, SG2, SG3 bzw. Ortungsgüte können sensor- und prozessspezifische Toleranzen festgelegt werden.

[0045] Jeder Prozess berechnet also individuell die aktuellen Orte O1, O2, O3 (Ortungsdaten) auf Basis der verfügbaren Sensordaten S1, S2, S3 (Primärortungsdaten) der angeschlossenen Sensoren **3a**, **3b**, **3c** und deren sensorspezifischer Sensorgüte SG1, SG2, SG3 (Ortungsgüte). Die Daten S1, S2, S3 eines Sensors **3a**, **3b**, **3c** (Ortungssensors) werden entsprechend seiner Sensorgüte SG1, SG2, SG3 (Ortungsgüte) bei der Berechnung gewichtet. Je höher die Sensorgüte SG1, SG2, SG3 (Ortungsgüte) eines Sensors **3a**, **3b**, **3c** ist, umso stärker fließen dessen Daten S in das Gesamtergebnis ein. Bei minimaler Sensorgüte SG1, SG2, SG3 (Ortungsgüte) können die Daten S1, S2, S3 des betreffenden Sensors **3a**, **3b**, **3c** nicht für die Ortsberechnung verwendet werden.

[0046] Für die Berechnung der Orte O1, O2, O3 können diverse prozessspezifische Algorithmen, wie beispielsweise Filterung, Integration, Transformation usw. angewendet werden. Im Ergebnis der Berechnung steht je Prozess P1, P2, P3 der aktuelle Fahrzeugort O1, O2, O3 in einem für die Applikation im sicheren Rechner **7** geeigneten Format zur Verfügung.

[0047] Im dritten Verarbeitungsschritt erfolgt dann die Berechnung der aktuellen Orte O1, O2, O3 (Ortungsdaten) in den Vorverarbeitungsrechnern **5a**, **5b**, **5c** und die Ausgabe an die Applikation (nicht gezeigt) des sicheren Rechners **7**.

[0048] In [Fig. 3](#) ist die Verarbeitung der übergebenen Daten, der Orte O1, O2, O3 und der Sensorgüte SG1, SG2, SG3, schematisch dargestellt, wobei diese Daten zunächst vom sicheren Rechner gelesen werden. Damit beginnt der erste Schritt, nämlich die Prozessprüfung, dem der Vergleich der Ortungsdaten (Orte O1, O2, O3) folgt, also der Orte O1, O2, O3, die von den drei Vorverarbeitungsrechnern **5a**, **5b**, **5c** ermittelt wurden. Weiter werden die sensorspezifische Sensorgüte SG1, SG2, SG3 bzw. Ortungsgüte (zwei Werte je Sensor) verglichen, um dann jeweils mittels Mehrheitsentscheidung fehlerhafte Daten zu suspendieren. Mehrheitsentscheidung bedeutet hier,

dass die Orte O1, O2, O3 und die Sensorgüte SG1, SG2, SG3 nicht verworfen werden, die mehrheitlich innerhalb vorgegebener Toleranzen liegen. Aus den verbleibenden Orten O1 und/oder O2 und/oder O3 und der Sensorgüte SG1 und/oder SG2 und/oder SG3 ermittelt der sichere Rechner 7 einen Fahrzeugort O, in den die verbliebenen Orte O1 und/oder O2 und/oder O3 gewichtet mit der zugehörigen Sensorgüte SG1 und/oder SG2 und/oder SG3 eingehen.

[0049] Das prozessspezifische Ortungsergebnis (Ortsbestimmungsergebnis) jedes Prozesses P1, P2, P3 wird also an die Applikation im sicheren Rechner 7 ausgegeben. Zusammen mit dem Ortungsergebnis wird von jedem Prozess P1, P2, P3 für alle angeschlossenen Sensoren **3a, 3b, 3c** deren sensorspezifische Sensorgüte SG1, SG2, SG3 bzw. Ortungsgüte an die Applikation übergeben.

[0050] Die im sicheren Fahrzeugrechner 7 bereitgestellten Ortungsergebnisse basieren auf verschiedenen Sensoren **3a, 3b, 3c** und diversitärer Verarbeitung durch die Prozesse P1, P2, P3. Bei ordnungsgemäßer Funktion der Sensoren **3a, 3b, 3c** (Ortungssensoren) und Vorverarbeitungsprozesse P1, P2, P3 müssen die Ortungsergebnisse der verschiedenen Prozesse P1, P2, P3 im Rahmen der sensorbedingten Toleranzen übereinstimmen. Darüber hinausgehende Abweichungen können folgende Ursachen haben:

- a) fehlerhafte Sensordaten S1, S2, S3 – beispielsweise durch Ausfall eines Sensors **3a, 3b, 3c** oder
- b) fehlerhafte Funktion eines Vorverarbeitungsprozesses P1, P2, P3 – beispielsweise durch einen Implementierungsfehler im Vorverarbeitungsrechner **5a, 5b, 5c**.

[0051] Da die Fahrzeugortung eine sicherheitskritische Funktion ist, besteht für den sicheren Fahrzeugrechner 7 die Aufgabe, Fehler der Sensoren **3a, 3b, 3c** (Sensorik) und der Vorverarbeitung aufzudecken und eine angepasste Reaktion einzuleiten. Gleichzeitig besteht die Aufgabe, die Ortungsfunktion tolerant gegenüber Fehlereinflüssen einzelner Sensoren **3a, 3b, 3c** und Vorverarbeitungsprozesse P1, P2, P3 auszulegen, um die Systemverfügbarkeit sicherzustellen. Durch Verwendung von mindestens drei Sensoren **3a, 3b, 3c** und drei Prozessen P1, P2, P3 können die Vorverarbeitungsergebnisse (Orte O1, O2, O3) geprüft und mehrheitlich beurteilt werden (Mehrheitsentscheid). Der Mehrheitsentscheid ist eine bekannte Methode für eine sicherheitsrelevante mehrkanalige Datenverarbeitung. Diese Methode wird dahingehend erweitert, dass die mehrkanalig ermittelten Vorverarbeitungsergebnisse (Orte O1, O2, O3) Kriterien für deren Beurteilung durch die sichere Applikation (Applikation auf dem sicheren Rechner 7) enthalten. Weiterhin ermöglichen die Kriterien eine differenzierte Fehleranalyse der Ursachen nach a) und b).

[0052] Die Bewertung und Weiterverarbeitung der diversitär ermittelten Ortungsergebnisse (Orte O1, O2, O3) aus den Vorverarbeitungsrechnern 5 erfolgt im sicheren Fahrzeugrechner 7 in zwei Schritten. Der erste Schritt besteht darin, die korrekte Funktion der Prozesse P1, P2, P3 der Vorverarbeitungsrechner 5 anhand von deren Ergebnissen zu überprüfen (Analyse nach b). Werden die Ortungsergebnisse (Orte O1, O2, O3) eines Prozesses P1, P2, P3 durch die Prüfung als fehlerfrei erkannt, erfolgt deren Verwendung bei der weiteren Ortungsberechnung im sicheren Rechner 7. Andernfalls werden diese Ortungsergebnisse (Orte O1, O2, O3) für die Weiterverwendung gesperrt.

[0053] Für die Prozessprüfung können einerseits die gelieferten Ortungsdaten (Orte O1, O2, O3) der Prozesse und andererseits die Daten der sensorspezifischen Sensorgüte SG1, SG2, SG3 (Ortungsgüte) genutzt werden.

[0054] Die verschiedenen Ortungsergebnisse (Orte O1, O2, O3) der Vorverarbeitungsprozesse P1, P2, P3 können auf Plausibilität überprüft werden. Die Plausibilitätsprüfung kann den Vergleich der Ortungsdaten (Orte O1, O2, O3) und die Ermittlung der Abweichungen zwischen den Ortungsdaten (Orte O1, O2, O3) beinhalten. Weichen die Ortungsdaten (Orte O1, O2, O3) eines Prozesses P1, P2, P3 so stark von den Ortungsdaten (Orte O1, O2, O3) der anderen Prozesse P1, P2, P3 ab, dass festgelegte Toleranzen überschritten werden, kann dieses ein Indiz für fehlerhafte Verarbeitung im Prozess P1, P2, P3 sein.

[0055] Weiterhin erfolgt im Rahmen der Plausibilitätsprüfung ein Vergleich der von verschiedenen Prozessen P1, P2, P3 zu einem Sensor **3a, 3b, 3c** gelieferten Daten der sensorspezifischen Sensorgüte SG1, SG2, SG3 (Ortungsgüte). Melden beispielsweise zwei Prozesse für den gleichen Sensor **3a, 3b, 3c** eine sensorspezifische Ortungsgüte SG1, SG2, SG3, deren Differenz größer als eine festgelegte Toleranz ist, kann dieses als Indiz für einen Verarbeitungsfehler in einem der beteiligten Prozesse P1, P2, P3 gewertet werden. Wenn im Ergebnis der Plausibilitätsprüfung eine Nichtübereinstimmung der sensorspezifischen Ortungsgüte SG1, SG2, SG3 zweier Prozesse P1, P2, P3 für einen Sensor **3a, 3b, 3c** gefunden wird, können die Ortungsergebnisse (Orte O1, O2, O3) der beteiligten Prozesse P1, P2, P3 mit ggf. geringem Gewicht bei der Ortungsberechnung im sicheren Rechner 7 verwendet werden. Wird bei der Plausibilitätsprüfung entdeckt, dass z.B. die sensorspezifische Ortungsgüte SG1, SG2, SG3 mehrerer Sensoren **3a, 3b, 3c** eines Prozesses P1, P2, P3 nicht zu der sensorspezifischen Ortungsgüte SG1, SG2, SG3 der identischen Sensoren **3a, 3b, 3c** der Nachbarprozesse passt, ist dieses ein Indiz für fehlerhafte Prozessverarbeitung im betreffenden Pro-

zess P1, P2, P3. In diesem Fall werden die Ortungsergebnisse dieses Prozesses P1, P2, P3 für die weitere Verarbeitung gesperrt. Durch Überprüfung der sensorspezifischen Ortungsgüte (Sensorgüte SG1, SG2, SG3) für alle Sensoren **3a, 3b, 3c** können alle Prozesse P1, P2, P3 systematisch überprüft werden.

[0056] Bei ausreichender Übereinstimmung der sensorspezifischen Ortungsgüte (Sensorgüte SG1, SG2, SG3) für alle Sensoren **3a, 3b, 3c** eines Prozesses P1, P2, P3 mit der sensorspezifischen Ortungsgüte (Sensorgüte SG1, SG2, SG3) dieser Sensoren **3a, 3b, 3c** in den anderen Prozessen P1, P2, P3 werden die Ergebnisse dieses Prozesses P1, P2, P3 durch die Nachbarschaftsbeziehung zu den anderen Prozessen P1, P2, P3 gestützt und sind damit vertrauenswürdig. Da die sensorspezifische Ortungsgüte (Sensorgüte SG1, SG2, SG3) nicht zwischen den Vorverarbeitungsrechnern **5a, 5b, 5c** ausgetauscht wird, kann ein fehlerhaft arbeitender Prozess P1, P2, P3 seine Daten für die sensorspezifische Ortungsgüte (Sensorgüte SG1, SG2, SG3) nicht so manipulieren, dass sie regelmäßig zu den Daten der anderen Prozesse P1, P2, P3 passen und dadurch seine Fehlfunktion verdecken (Robustheit gegenüber Byzantinischen Fehlern).

[0057] Im Ergebnis der Prozessüberprüfung im ersten Schritt wird also für jeden Prozess P1, P2, P3 der Vorverarbeitungsrechner **5a, 5b, 5c** festgelegt, ob die gelieferten Ortungsergebnisse (Orte O1, O2, O3) für die Ortungsberechnung im sicheren Rechner **7** weiterverwendet werden dürfen.

[0058] Der zweite Schritt der Verarbeitung der Ortungsergebnisse (Orte O1, O2, O3) im sicheren Rechner besteht in der Berechnung des sicherheitskritischen Fahrzeugorts (Ort O) einschließlich eines Vertrauensintervalls.

[0059] Für diesen Schritt werden nur die aus dem ersten Schritt zugelassenen Ortungsergebnisse (Orte O1 und/oder O2 und/oder O3) herangezogen.

[0060] In die Berechnung einer resultierenden Fahrzeugortung gehen die Ortungsergebnisse (Orte O1, O2, O3) anteilig und gewichtet ein. Das Gewicht eines Ortungsergebnisses (Orte O1, O2, O3) ergibt sich durch Berücksichtigung der sensorspezifischen Ortungsgüte (Sensorgüte SG1, SG2, SG3) für alle Sensoren **3a, 3b, 3c** eines Prozesses P1, P2, P3. Je höher die durchschnittliche Ortungsgüte (Sensorgüte SG1, SG2, SG3) aller Sensoren **3a, 3b, 3c** eines Prozesses P1, P2, P3 ist, umso stärker fließen dessen Ortungsergebnisse (Orte O1, O2, O3) in die Berechnung der resultierenden Fahrzeugortung (Ort O) ein und umgekehrt. Die resultierende Fahrzeugortung (Ort O) kann durch Mittelwertbildung der gewichteten Ortungsergebnisse (Orte O1, O2, O3) erfolgen.

[0061] Weiter können zusätzliche verfügbare Ortungsdaten des sicheren Rechners **7**, wie beispielsweise Baliseninformationen bei der Ortungsberechnung verwendet werden. Das Resultat der Ortungsberechnung (Ort O) kann auf Plausibilität überprüft werden, beispielsweise durch Vergleich mit extrapolierten zeitlich zurückliegenden Ortungsdaten (Orte O1, O2, O3).

[0062] Die Berechnung des Vertrauensintervalls für den Aufenthaltsort (Orte O1, O2, O3) des Fahrzeuges hängt von der erreichten Ortungsgenauigkeit ab. Die Ortungsgenauigkeit unterliegt folgenden Einflüssen:

1. Anzahl der nach der Plausibilitätsprüfung für die Berechnung zugelassenen Prozesse P1, P2, P3
2. Anzahl der Sensoren **3a, 3b, 3c**, auf denen die resultierende Fahrzeugortung basiert
3. erreichtes Niveau der sensorspezifischen Ortungsgüte (Sensorgüte SG1, SG2, SG3) der verwendeten Sensoren **3a, 3b, 3c** (Qualität der Ortungsergebnisse)

[0063] Diese Einflussfaktoren können bei der Berechnung des Vertrauensintervalls berücksichtigt werden. Beispielsweise kann sich die Größe des Vertrauensintervalls jeweils verändern, wenn ein Ortungssensor **3a, 3b, 3c** zeitweise unbrauchbare Daten liefert und sich anschließend wieder resynchronisiert. Weiterhin kann das Vertrauensintervall durch zusätzliche Ortungssensoren im sicheren Fahrzeugrechner verbessert werden (z.B. durch Berücksichtigung von Balisen).

[0064] Das resultierende Vertrauensintervall des Fahrzeuges ist damit dynamisch.

[0065] Zur Erhöhung Genauigkeit wird also im sicheren Rechner **7** ein Vertrauensintervall unter Verwendung der Sensorgüte SG1, SG2, SG3 und/oder den sensorspezifischen Toleranzen gebildet.

[0066] Zur weiteren Erhöhung der Genauigkeit verwendet der sichere Rechner **7** hier als Beispiel die von einer Balise gelieferte Information, um eine Korrektur des berechneten Orts O vorzunehmen, wobei er den berechneten Ort O anschließend noch einer Plausibilitätsprüfung unterzieht. Der dann so ermittelte Ort O steht damit zur Verwendung z.B. zur Zugsicherung bereit.

[0067] Der gesamte Ablauf wiederholt sich mit einem festgelegten Zyklus im sicheren Rechner **7** oder nach dem Eintreffen neuer Daten S1, S2, S3 aus den Vorverarbeitungsrechnern **5a, 5b, 5c**. Die Synchronisation mittels Balisen erfolgt nur dann, wenn jeweils aktuelle Balisendaten verfügbar sind.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung des Orts (O) und/oder einer Bewegungsgröße von sich bewegenden Objekten (**1**), insbesondere von sich bewegenden spurgebundenen Fahrzeugen, bei dem mindestens drei Sensoren (**3a, 3b, 3c**) im Objekt (**1**) angeordnet sind, die unabhängig voneinander Sensordaten (S1, S2, S3) über den Ort (O1, O2, O3) und/oder die Bewegungsgröße ermitteln und an Prozesse (P1, P2, P3) übergeben, die auf einem oder mehreren ebenfalls im Objekt (**1**) angeordneten Vorverarbeitungsrechnern (**5a, 5b, 5c**) ablaufen, wobei jeder Prozess (P1, P2, P3) die Sensordaten (S1, S2, S3) von mindestens zwei Sensoren (**3a, 3b, 3c**) verarbeitet und wobei jeder Sensor (**3a, 3b, 3c**) seine Sensordaten (S1, S2, S3) an mindestens zwei Prozesse (P1, P2, P3) übergibt, bei dem jeder Prozess (P1, P2, P3) einen Differenzfaktor (D1-2, D1-3, D2-3) aus der Differenz der Sensordaten (S1, S2, S3) von je zwei Sensoren (**3a, 3b, 3c**) berechnet, bei dem die Prozesse (P1, P2, P3) die Differenzfaktoren (D1-2, D1-3, D2-3) untereinander austauschen und anhand der ausgetauschten Differenzfaktoren (D1-2, D1-3, D2-3) die Sensorgüte (SG1, SG2, SG3) für jeden Sensor (**3a, 3b, 3c**) als Maß für die berechnete Sensorgenauigkeit ermitteln, bei dem die Prozesse (P1, P2, P3) anhand der Sensordaten (S1, S2, S3) und der Sensorgüte (SG1, SG2, SG3) jeweils den Ort (O1, O2, O3) und/oder die Bewegungsgröße jeweils gewichtet mit der zugehörigen Sensorgüte (SG1, SG2, SG3) berechnen, bei dem jeder Prozess (P1, P2, P3) die Orte (O1, O2, O3) und/oder Bewegungsgrößen und die Sensorgüte (SG1, SG2, SG3) an einen ebenfalls im Objekt (**1**) angeordneten sicheren Rechner (**7**) übergibt, der die Orte (O1, O2, O3) und/oder Bewegungsgrößen und/oder die Sensorgüte (SG1, SG2, SG3) jeweils vergleicht und die Orte (O1, O2, O3) und/oder Bewegungsgrößen und die Sensorgüte (SG1, SG2, SG3) nicht verwirft, die mehrheitlich innerhalb vorgegebener Toleranzen liegen, während er die außerhalb liegenden verwirft, und bei dem der sichere Rechner (**7**) aus den nicht verworfenen Orten (O1, O2, O3) und/oder Bewegungsgrößen jeweils gewichtet mit der zugehörigen Sensorgüte (SG1, SG2, SG3) den Ort (O) und/oder die Bewegungsgröße berechnet.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Sensoren (**3a, 3b, 3c**) bezogen auf den Ort (O1, O2, O3) als auch auf jede Bewegungsgröße nach unterschiedlichen Wirkprinzipien arbeiten.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Prozesse (P1, P2, P3) aus unterschiedlichen Programmen/unterschiedlicher Software aufgebaut sind.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-3, dadurch gekennzeichnet, dass der Algorithmus zur Bestimmung der Sensorgüte (SG1, SG2, SG3) sensor-spezifische Toleranzen berücksichtigt.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-4, dadurch gekennzeichnet, dass im sicheren Rechner (**7**) zur Berechnung des Vertrauensintervalls die Sensorgüte (SG1, SG2, SG3) und/oder die sensorspezifischen Toleranzen verwendet werden.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-5, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Vorverarbeitungsrechner (**5a, 5b, 5c**) vorgesehen sind.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-6, dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren bezüglich der Verwerfung der Orte (O1, O2, O3) und/oder der Bewegungsgrößen und der Sensorgüte (SG1, SG2, SG3) mit bekannten Plausibilitätsverfahren kombiniert wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-7, dadurch gekennzeichnet, dass die Prozesse (P1, P2, P3) auf mehrere Vorverarbeitungsrechner (**5a, 5b, 5c**) aufgeteilt sind.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-8, dadurch gekennzeichnet, dass mehr als drei unabhängig voneinander arbeitende Sensoren (**3a, 3b, 3c**) verwendet werden.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

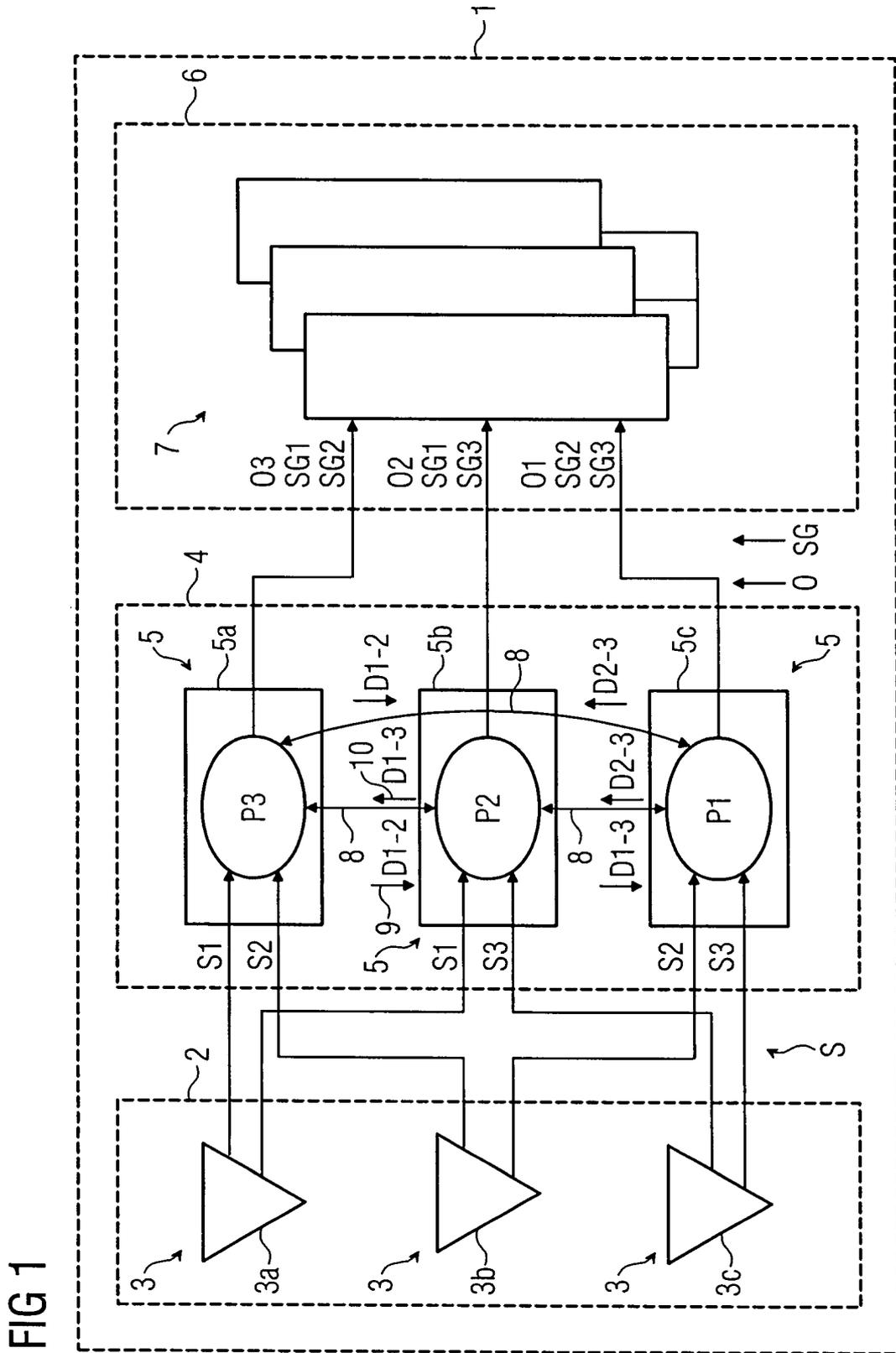


FIG 1

FIG 2

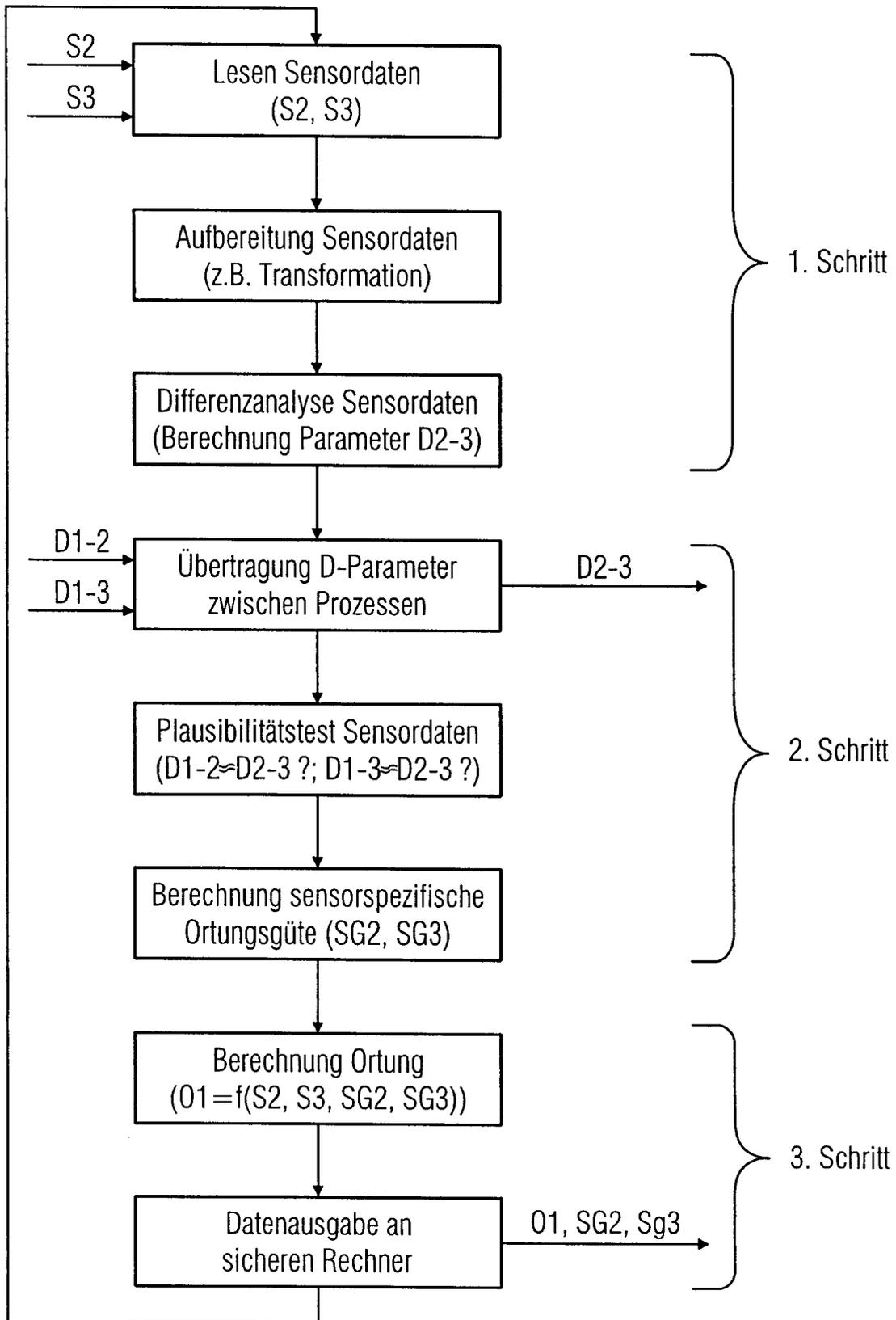


FIG 3

