



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
28.03.2018 Patentblatt 2018/13

(51) Int Cl.:
G07B 15/06 (2011.01) **G06Q 10/04** (2012.01)
G06Q 50/30 (2012.01)

(21) Anmeldenummer: **16002069.9**

(22) Anmeldetag: **22.09.2016**

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

(71) Anmelder: **Toll Collect GmbH**
10785 Berlin (DE)

(72) Erfinder: **Bartz, Gerald**
13357 Berlin (DE)

(54) **DATENVERARBEITUNGSEINRICHTUNG UND VERFAHREN ZUR REDUZIERUNG DER KOMPLEXITÄT EINES STRECKENABSCHNITTSNETZES**

(57) Es werden eine Datenverarbeitungseinrichtung (50) und ein Verfahren bereitgestellt, die aus erfassten Fahrspuren (F_k) Trajektorien (T_n) von Streckenabschnitten (A_i) eines Streckenabschnittsnetzes (G) ermitteln und zur Zusammenlegung geeignete Kandidaten-Streckenabschnitte ($A_i, \dots, A_{i+q_m-1}$) identifizieren, die in Form einer Teilsequenz (Q_m) von mehreren Mehrfachabschnittssequenzen (M_i) der Trajektorien (T_n) umfasst sind. Gemäß einer Weiterbildung werden durch die Datenverarbeitungseinrichtung (50) und das Verfahren ein neues Streckenabschnittsnetz (G') erzeugt, welches anstatt der Kandidaten-Streckenabschnitte ($A_i, \dots, A_{i+q_m-1}$) einen aus den Kandidaten-Streckenabschnitten ($A_i, \dots, A_{i+q_m-1}$) zusammengesetzten konsolidierten Streckenabschnitt (B_m) umfasst.

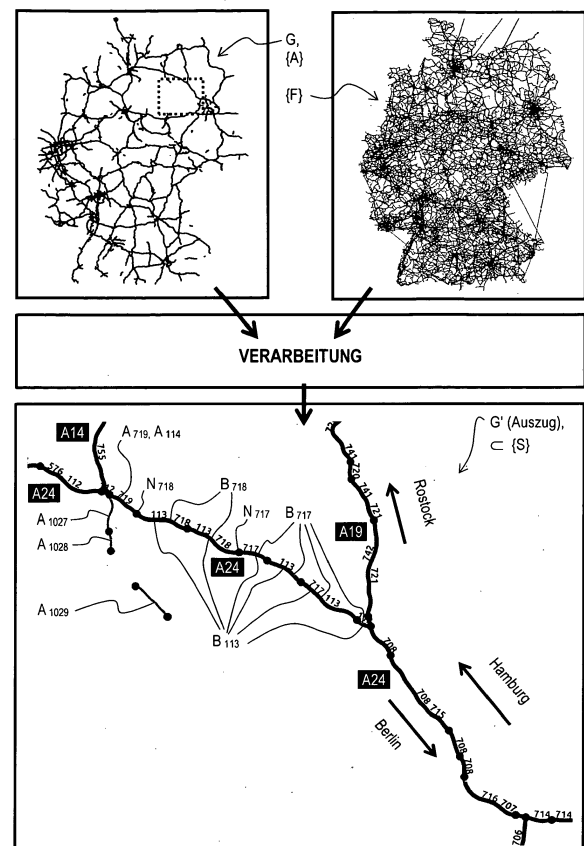


Fig. 2

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Datenverarbeitungseinrichtung und ein Verfahren zur Reduzierung der Komplexität eines Streckenabschnittsnetzes.

[0002] Ein Mautsystem, in dem Mautgebühren für einen jeden befahrenen Streckenabschnitt erhoben werden, wird umso komplexer je mehr Streckenabschnitte das Streckenabschnittsnetz dieses Mautsystems umfasst. Insbesondere erforderte die Prüfung von durch Fahrzeuggeräte eines mautpflichtigen Fahrzeugs erfassten Fahrzeugpositionen auf hinreichende örtliche Übereinstimmung mit einem mautpflichtigen Streckenabschnitt umso größere Rechenzeit, je mehr mautpflichtige Streckenabschnitte des Streckenabschnittsnetzes für eine solche Prüfung zur Verfügung stehen.

Vor diesem Problem steht die Anmelderin bei der Aufgabe, die Mauterhebung von dem Streckenabschnittsnetz der Bundesautobahnen Deutschlands (etwa 8.500 Streckenabschnitte) auf das Streckenabschnittsnetz von Bundesautobahnen und Bundesstraßen Deutschlands (insgesamt etwa 140.000 Streckenabschnitte) auszudehnen. Die Streckenabschnitte eines ersten Netzes übergeordneter (in diesem Falle mautpflichtiger) Straßen sind dabei anhand von Kartendaten definiert, die am Anfang und am Ende eines jeden Streckenabschnittes des ersten Netzes entweder eine Verzweigung (Einmündung, Abzweigung, Kreuzung usw.) eines anderen Streckenabschnittes des ersten Netzes oder eine Zufahrt aus einem zweiten Netz untergeordneter (in diesem Falle mautfreier) Straßen beziehungsweise eine Abfahrt in das zweite Netz untergeordneter Straßen beinhalten.

[0003] Aufgabe der Erfindung ist es eine Datenverarbeitungseinrichtung und ein Verfahren bereitzustellen, mit denen es möglich wird, die Anzahl der Streckenabschnitte eines initialen Streckenabschnittsnetzes ohne oder ohne wesentliche finanzielle Einbußen zu reduzieren.

[0004] Diese Aufgabe wird durch eine Datenverarbeitungseinrichtung und ein Verfahren gemäß den unabhängigen Ansprüchen gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind Gegenstand abhängiger Ansprüche. Merkmale, Vorteile verschiedener Ausführungsformen, Ausführungsbeispiele und Anspruchskategorien sowie Bemerkungen dazu gelten jeweils auf andere Ausführungsformen, Ausführungsbeispiele und Anspruchskategorien übertragbar oder austauschbar, soweit dies technisch und widerspruchsfrei im Rahmen der vorliegenden Erfindung möglich ist.

[0005] Vereinfacht gesprochen werden durch die Erfindung eine Datenverarbeitungseinrichtung und ein Verfahren bereitgestellt, die aus erfassten Fahrspuren Trajektorien von Streckenabschnitten eines Streckenabschnittsnetzes ermitteln und zur Zusammenlegung geeignete Kandidaten-Streckenabschnitte identifizieren, die in Form einer Teilsequenz von mehreren Mehrfachabschnittssequenzen der Trajektorien umfasst sind. Gemäß einer Weiterbildung werden durch die Datenverarbeitungseinrichtung und das Verfahren ein neues Streckenabschnittsnetz erzeugt, welches anstatt der Kandidaten-Streckenabschnitte einen aus den Kandidaten-Streckenabschnitten zusammengesetzten konsolidierten Streckenabschnitt umfasst.

[0006] Gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung wird eine Datenverarbeitungseinrichtung bereitgestellt, welche ausgebildet ist, ein Streckenabschnittsnetz mit einer Anzahl R von Streckenabschnitten mit Vorgänger-Nachfolger-Beziehungen von ersten Streckenabschnitten zu zweiten Streckenabschnitten im Streckenabschnittsnetz bereitzustellen, mehrere Fahrspuren zumindest eines Fahrzeugs über jeweils einen oder mehrere Streckenabschnitte des Streckenabschnittsnetzes zu erfassen, eine Menge an Trajektorien mit jeweils wenigstens einem Streckenabschnitt A_i aus den erfassten Fahrspuren zu bestimmen, die mehrere Mehrfachabschnittssequenzen mit mehreren, jeweils von einem Fahrzeug in unmittelbarer Folge befahrenen, Streckenabschnitten, die bedingt durch eine Vorgänger-Nachfolger-Beziehung oder mehrere Vorgänger-Nachfolger-Beziehungen des Streckenabschnittsnetzes im Streckenabschnittsnetz unmittelbar aufeinander folgen, umfasst und wenigstens ein q_m -tupel ($q_m > 1$) von mehreren unmittelbar im Streckenabschnittsnetz aufeinander folgenden Kandidaten-Streckenabschnitten zu identifizieren, die eine Teilsequenz von q_m unmittelbar aufeinander folgend befahrenen Streckenabschnitten von mehreren der bestimmten Mehrfachabschnittssequenzen der erfassten Fahrspuren bilden.

[0007] Unter einer Trajektorie wird jeder Streckenabschnitt und jede Sequenz von bedingt durch eine Vorgänger-Nachfolger-Beziehung oder mehrere Vorgänger-Nachfolger-Beziehungen des Streckenabschnittsnetzes im Streckenabschnittsnetz unmittelbar aufeinander folgenden Streckenabschnitten verstanden, auf deren Befahrung eine oder mehrere Fahrspuren schließen lassen.

Folglich kann eine Trajektorie auch nur aus einem einzigen Streckenabschnitt bestehen. Eine solche Trajektorie wird auch als Einfach- oder Einzelabschnittssequenz bezeichnet.

Eine Mehrfachabschnittssequenz umfasst definitionsgemäß wenigstens zwei Streckenabschnitte und kann einer Trajektorie mit mehreren Streckenabschnitten entsprechen oder Teil einer Trajektorie sein, die eine größere Anzahl an Streckenabschnitten enthält als die Mehrfachabschnittssequenz.

Eine Teilsequenz kann eine Anzahl von Streckenabschnitten von Mehrfachabschnittssequenzen besitzen, die kleiner oder gleich der Anzahl von Streckenabschnitten der Mehrfachabschnittssequenzen ist. Besitzen Mehrfachabschnittssequenzen, die die Teilsequenz umfassen, unterschiedliche Anzahlen von Streckenabschnitten, so kann die Teilsequenz - soweit sie nur aufgrund dieser Mehrfachabschnittssequenzen erfindungsgemäß vorliegt - maximal die Anzahl an Streckenabschnitten der kürzesten Mehrfachabschnittssequenz aufweisen.

[0008] Mit jedem q_m -tupel von mehreren unmittelbar im Streckenabschnittsnetz aufeinander folgenden Kandidaten-Streckenabschnitten lässt sich ein neuer, aus den Kandidaten-Streckenabschnitten kombinierter, "konsolidierter" Streckenabschnitt eines neuen Streckenabschnittsnetzes bilden.

Insbesondere ist die erfindungsgemäße Datenverarbeitungseinrichtung ausgebildet, U mehrere streckenabschnittsdisjunkte q_m -tupel von jeweils mehreren unmittelbar im Streckenabschnittsnetz aufeinander folgenden Kandidaten-Streckenabschnitten zu identifizieren, die streckenabschnittsdisjunkte Teilsequenzen von q_m unmittelbar aufeinander folgend befahrenen Streckenabschnitten von mehreren der bestimmten Mehrfachabschnittsequenzen der erfassten Fahrspuren bilden.

Streckenabschnittsdisjunkte Teilsequenzen und Gruppen von Streckenabschnitten zeichnen sich dadurch aus, dass ihnen kein Streckenabschnitt gemein ist. Im Gegensatz dazu zeichnen sich streckenabschnittskonjunkte Teilsequenzen und Gruppen von Streckenabschnitten dadurch aus, dass ihnen wenigstens ein Streckenabschnitt gemein ist.

Mit einer Anzahl von U streckenabschnittsdisjunkten q_m -tupeln lassen sich U neue, aus den jeweiligen Kandidaten-Streckenabschnitten kombinierte, Streckenabschnitte eines neuen Streckenabschnittsnetzes bilden, die jeweils aus den Kandidaten-Streckenabschnitten einer Teilsequenz zusammengesetzt sind. Zur Vermeidung einer Doppelvergebührung von Streckenabschnitten ist von einer Bildung neuer Streckenabschnitte aus streckenabschnittskonjunkten q_m -tupeln abzusehen.

[0009] Das neue Streckenabschnittsnetz kann dabei neben den U neuen, konsolidierten Streckenabschnitten auch noch eine Anzahl V von einem oder mehreren Streckenabschnitten des ursprünglichen Streckenabschnittsnetzes enthalten, die nicht als erfindungsgemäße Kandidaten-Streckenabschnitte identifiziert wurden, jedoch ebenfalls als neue Streckenabschnitte aufgefasst werden, weil sie - ebenso wie die konsolidierten Streckenabschnitte - neue Streckenabschnitte eines neuen Streckenabschnittsnetzes sind. Jedenfalls lässt sich die Anzahl R der Streckenabschnitte eines Streckenabschnittsnetzes damit um

$$Y = \sum_{m=1}^U q_m - U$$

Streckenabschnittabschnitte reduzieren. Zur Bildung eines neuen Streckenabschnittsnetzes mit einer Anzahl

$$R' = R - Y = U + V$$

neuen Streckenabschnitten werden vorzugsweise die Vorgänger-Nachfolger-Beziehungen der neuen Streckenabschnitte des neuen Streckenabschnittsnetzes abhängig von den Vorgänger-Nachfolger-Beziehungen der (ursprünglichen) Streckenabschnitte des (ursprünglichen) Streckenabschnittsnetzes angepasst. Dadurch wird die Komplexität eines Streckenabschnittsnetzes erheblich reduziert.

Darüber hinaus können Streckenabschnitte, die keine Trajektorie einer Fahrspur waren oder in keiner Trajektorie einer Fahrspur enthalten waren, aus dem Streckenabschnittsnetz entfernt werden, und somit die Anzahl R' an neuen Streckenabschnitten noch weiter abgesenkt werden.

[0010] Der Erfindung liegt der Gedanke zugrunde, dass mehrere im Streckenabschnittsnetz unmittelbar aufeinander folgende Streckenabschnitte zu einem konsolidierten Streckenabschnitt zusammengefasst werden, wenn sich aus mehreren Fahrspuren ergibt, dass unmittelbar aufeinander folgende Streckenabschnitte stets "en bloc" befahren werden, ohne dass zwischen ihnen ab- und/ oder aufgefahren wird.

[0011] Das Streckenabschnittsnetz kann durch einen Graphen oder durch eine Vorgänger-Nachfolger-Beziehungs-Matrix, insbesondere durch eine Adjazenzmatrix, dargestellt werden.

Insbesondere ist das Streckenabschnittsnetz in Form einer Vorgänger-Nachfolger-Beziehungs-Relation (Graph oder Matrix) seiner Streckenabschnitte in der erfindungsgemäßen Datenverarbeitungseinrichtung gespeichert.

[0012] Insbesondere kann die Menge der Trajektorien als Multimenge ausgebildet sein, indem sie mehrere identische Trajektorien (und mithin identische Mehrfachabschnittssequenzen) derselben Fahrspur (im Falle einer Mehrfachbefahrung durch dasselbe Fahrzeug) oder verschiedener Fahrspuren von demselben Fahrzeug oder verschiedenen Fahrzeugen umfasst. Man spricht dabei davon, dass die Trajektorien oder Mehrfachabschnittssequenzen mit einer Vielfachheit von größer als eins von der Multimenge umfasst sind.

[0013] Im Folgenden wird immer dann, wenn von Vielfachheiten von Sequenzen die Rede ist, die Menge der Trajektorien, die sie enthält, als Multimenge verstanden. Die Bezeichnung "Menge" schließt nur dann eine Multimenge als Menge aus, wenn prinzipiell alle ihre Elemente verschieden sind, dass heißt: alle Elemente weisen eine Vielfachheit von eins auf.

[0014] Insbesondere bilden die Kandidaten-Streckenabschnitte eine Teilsequenz von mehreren verschiedenen Fahrspuren und die erfindungsgemäße Datenverarbeitungseinrichtung ist vorzugsweise ausgebildet, diese als solche zu identifizieren.

[0015] Zur Erfüllung der Maßgabe der erfindungsgemäßen Identifizierung kann die erfindungsgemäße Datenverarbeitungseinrichtung ausgebildet sein, nur diejenigen Mehrfachabschnittssequenzen der Menge an Trajektorien hinzuzufügen, deren Vielfachheit größer als eins sind, das heißt: solche Mehrfachabschnittssequenzen, die Mehrfachabschnittssequenzen mehrerer verschiedener Fahrspuren sind oder mehrfach in derselben Fahrspur auftreten. Damit kann die Ausbildung der Trajektorienmenge als Multimenge vermieden werden und sämtliche Mehrfachabschnittssequenzen der Trajektorienmenge sind verschieden. Diese Maßnahme verringert den Speicherbedarf bei der Erstellung der Trajektorienmenge und erhöht die Geschwindigkeit bei der Identifizierung der Kandidaten-Streckenabschnitte.

[0016] Bevorzugt umfassen die Fahrspuren Fahrzeugpositionen des durch das jeweilige Fahrzeug im Streckenabschnittsnetz zurückgelegten Weges umfasst und die erfindungsgemäße Datenverarbeitungseinrichtung ist ausgebildet, die befahrenen Streckenabschnitte durch Vergleich von Fahrzeugpositionen der jeweiligen Fahrspur zumindest mit durch wenigstens eine vorbestimmte Position gekennzeichneten Geo-Objekten, die mit jeweils einem Streckenabschnitt assoziiert sind, unter der Erkennungsbedingung zu ermitteln, dass wenigstens eine der Fahrzeugpositionen hinreichend mit dem jeweiligen Geo-Objekt übereinstimmt.

Alternativ oder optional umfasst bereits die Fahrspur wenigstens einen befahrenen Streckenabschnitt, wobei die Datenverarbeitungseinrichtung von einem Mautsystem mit wenigstens einer von dem Fahrzeug mitgeführten Fahrzeugeinrichtung umfasst ist und die Fahrzeugeinrichtung einen Prozessor aufweist, der ausgebildet ist, aus wenigstens einer durch die Fahrzeugeinrichtung empfangenen oder erzeugten Fahrzeugposition durch Vergleich dieser Fahrzeugposition mit wenigstens einem durch wenigstens eine vorbestimmte Position gekennzeichneten Geo-Objekt, das mit einem Streckenabschnitt assoziiert ist, einen befahrenen Streckenabschnitt unter der Erkennungsbedingung zu ermitteln, dass zumindest die wenigstens eine Fahrzeugposition hinreichend mit dem jeweiligen Geo-Objekt übereinstimmt.

Die besagten Erkennungsbedingungen sind insbesondere jeweils Teil einer Erkennungsregel, die die Ermittlung eines befahrenen Streckenabschnitts als Erkennungskonsequenz an die Erfüllung der Erkennungsbedingung knüpft.

[0017] In beiden Varianten kann dabei die Assoziierung mit einem Streckenabschnitt beispielsweise durch eine datentechnische Verknüpfung des Geo-Objektes mit einer Streckenabschnittskennung (z. B. einer Nummer) dieses Streckenabschnitts realisiert werden.

Insbesondere ist die Datenverarbeitungseinrichtung von einem Mautsystem mit wenigstens einer von dem Fahrzeug mitgeführten Fahrzeugeinrichtung, welches wenigstens eine Fahrspur aufzeichnet, umfasst, wobei die Datenverarbeitungseinrichtung ausgebildet ist, die aufgezeichnete Fahrspur durch Empfang über ein Mobilfunknetz von der Fahrzeugeinrichtung zu erfassen.

[0018] Insofern wird durch die Erfindung auch ein Mautsystem bereitgestellt, welches eine erfindungsgemäße Datenverarbeitungseinrichtung (oder eine ihrer nachfolgend beschriebenen Weiterbildungen) sowie mehrere Fahrzeugeinrichtungen aufweist, die ausgebildet sind, Fahrspuren des jeweiligen Fahrzeugs, von dem sie mitgeführt werden, aufzuzeichnen und aufgezeichnete Fahrspuren an die Datenverarbeitungseinrichtung zu senden, wobei die Datenverarbeitungseinrichtung ausgebildet ist, die gesendeten Fahrspuren durch zu erfassen, indem sie sie empfängt.

[0019] Insbesondere umfasst das erfindungsgemäße Mautsystem Erkennungsregeln zur Ermittlung befahrener Streckenabschnitte in Abhängigkeit von der hinreichenden Übereinstimmung von durch eine jeweilige Fahrzeugeinrichtung erfassten oder erzeugten Positionsdaten mit durch jeweils wenigstens durch eine vorbestimmte Position gekennzeichneten und mit einem Streckenabschnitt verknüpften Geo-Objekten.

Die Erkennungsregeln können in der erfindungsgemäßen Datenverarbeitungseinrichtung gespeichert sein, wobei Fahrzeugeinrichtungen ausgebildet sind, die erfassten oder erzeugten Positionsdaten an die erfindungsgemäße Datenverarbeitungseinrichtung zur Ermittlung der befahrenen Streckenabschnitte durch die erfindungsgemäße Datenverarbeitungseinrichtung zu senden und die erfindungsgemäße Datenverarbeitungseinrichtung ausgebildet ist, anhand der empfangenen Positionsdaten und der Erkennungsregeln die Streckenabschnitte zu ermitteln, die das Fahrzeug befahren hat, welches diejenige Fahrzeugeinrichtung mitführt, von der die empfangenen Positionsdaten stammen.

Optional oder alternativ können die Erkennungsregeln in jeder der Fahrzeugeinrichtungen gespeichert sein, wobei die jeweilige Fahrzeugeinrichtung ausgebildet ist, anhand der erfassten oder erzeugten Positionsdaten und der Erkennungsregeln die Streckenabschnitte zu ermitteln, die das Fahrzeug befahren hat, welches die jeweilige Fahrzeugeinrichtung mitführt, und die ermittelten Streckenabschnitte an eine Zentrale des Mautsystems, insbesondere in Form von Fahrspuren an die erfindungsgemäße Datenverarbeitungseinrichtung zu senden.

[0020] Vorzugsweise repräsentiert das Streckenabschnittsnetz ein erstes Netz übergeordneter Straßen und weist Zufahrten aus einem zweiten Netz untergeordneter Straßen an dem Beginn von zumindest einigen Streckenabschnitten und Abfahrten in das zweite Netz untergeordneter Straßen an dem Ende von zumindest einigen Streckenabschnitten auf, wobei die erfindungsgemäße Datenverarbeitungseinrichtung ausgebildet ist, eine Menge an Trajektorien mit jeweils wenigstens einem Streckenabschnitt aus den erfassten Fahrspuren zu bestimmen, die als Mehrfachabschnittssequenzen vollständige Mehrfachabschnittssequenzen umfasst, die mit der Zufahrt auf einen ersten Streckenabschnitt aus

dem zweiten Netz beginnen und mit der Abfahrt von einem zweiten Streckenabschnitt in das zweite Netz enden und als wenigstens ein q_m -tupel von mehreren unmittelbar im Streckenabschnittsnetz aufeinander folgenden Kandidaten-Streckenabschnitten ein solches zu identifizieren, das eine Teilsequenz von q_m unmittelbar aufeinander folgend befahrenen Streckenabschnitten von mehreren der bestimmten vollständigen Mehrfachabschnittsequenzen der erfassten Fahrspuren aufweist.

Dabei kann die erfindungsgemäße Datenverarbeitungseinrichtung ausgebildet sein, einem Streckenabschnitt, dem gemäß der erfassten Fahrspur ein Vorgänger mangelt, als denjenigen ersten Streckenabschnitt der Sequenz zu interpretieren, an dem die Zufahrt aus dem zweiten Netz in das erste Netz erfolgte, und einen Streckenabschnitt, dem gemäß der erfassten Fahrspur ein Nachfolger mangelt, als denjenigen ersten oder zweiten Streckenabschnitt der Sequenz zu interpretieren, an dem die Abfahrt aus dem ersten Netz in das zweite Netz erfolgte.

[0021] Damit wird die Datenverarbeitung vereinfacht, weil die Datenverarbeitungseinrichtung nur solche Mehrfachabschnittsequenzen auf gemeinsame Teilsequenzen untersucht, die bereits die maximale Anzahl an Streckenabschnitten einer Trajektorie umfasst, und die im Ergebnis überflüssige Verarbeitung kürzerer Mehrfachabschnittsequenzen vermieden wird.

Damit ist eine Trajektorie stets eine vollständige Mehrfachabschnittsequenz der jeweiligen Fahrspur oder ein einzelner Streckenabschnitt ohne Vorgänger und Nachfolger der jeweiligen Fahrspur.

[0022] Alternativ oder optional repräsentiert das Streckenabschnittsnetz ein erstes Netz übergeordneter Straßen und weist Zufahrten aus einem zweiten Netz untergeordneter Straßen an dem Beginn von zumindest einigen Streckenabschnitten und Abfahrten in das zweite Netz untergeordneter Straßen an dem Ende von zumindest einigen Streckenabschnitten auf, wobei die Datenverarbeitungseinrichtung ausgebildet ist, eine Menge an Trajektorien mit jeweils wenigstens einem Streckenabschnitt aus den erfassten Fahrspuren zu bestimmen, die zusätzlich zu den Mehrfachabschnittsequenzen Einzelabschnittsequenzen von Streckenabschnitten umfasst, die jeweils mit der Zufahrt auf einen Streckenabschnitt aus dem zweiten Netz beginnen und mit der Abfahrt von demselben Streckenabschnitt A_i in das zweite Netz enden und als wenigstens ein q -tupel von mehreren unmittelbar im Streckenabschnittsnetz aufeinander folgenden Kandidaten-Streckenabschnitten ein solches zu identifizieren, das eine Teilsequenz von q_m unmittelbar aufeinander folgend befahrenen Streckenabschnitten von mehreren der bestimmten Mehrfachabschnittsequenzen der erfassten Fahrspuren aufweist, ohne einen Streckenabschnitt einer Einzelabschnittsequenz zu umfassen.

Damit werden unter anderem nur solche Streckenabschnitte als Kandidaten-Streckenabschnitte identifiziert, die nicht gemäß irgendeiner Fahrspur ohne einen Vorgänger und/ oder Nachfolger befahren.

Vorteilhaft wird dadurch im Rahmen statistischer Regeln gewährleistet, dass Kandidaten-Streckenabschnitte identifiziert werden, deren Kombination zu einem konsolidierten Streckenabschnitt, bei dessen Befahrung in einem erneuerten Streckenabschnittsnetz eine Gebühr für die Befahrung aller seiner Kandidaten-Streckenabschnitte erhoben wird, keinen nennenswerten Anteil an Teilbefahrungen impliziert, der mangels vollständiger Befahrung einen Einnahmeverzicht bedeuten würde.

[0023] Ganz allgemein kann die erfindungsgemäße Datenverarbeitungseinrichtung ausgebildet sein, wenigstens ein q -tupel von unmittelbar im Streckenabschnittsnetz aufeinander folgenden Kandidaten-Streckenabschnitten, die stets oder öfter als eine vorgegebene relative Häufigkeit eine Teilsequenz von unmittelbar aufeinander folgend befahrenen Streckenabschnitten von mehreren der bestimmten Trajektorien der erfassten Fahrspuren bilden, zu identifizieren, wobei die relative Häufigkeit dem Quotienten aus der Anzahl des Auftretens der Teilsequenz und der Summe aus der Anzahl des Auftretens der Teilsequenz und der Anzahl des Auftretens von Trajektorien, die zumindest einen ersten Kandidaten-Streckenabschnitt der Teilsequenz aufweisen und zumindest einen zweiten Kandidaten-Streckenabschnitt der Teilsequenz nicht aufweisen, entspricht.

[0024] Mit der Zulassung einer vorgegebenen relativen Häufigkeit des Auftretens einer Teilsequenz von beispielsweise 10 % bietet sich für den Mautbetreiber die Möglichkeit, die Mauteinnahmen bei gleichbleibendem Tarif (z. B. Euro pro Kilometer) deutlich zu erhöhen, indem er die Streckenabschnittsbenutzungsabgabe der Maut nicht mehr als Gebühr, sondern als Beitrag ausbildet. Befahren nämlich in einem Beitragssystem nur relativ wenige Fahrzeuge nicht alle Kandidaten-Streckenabschnitte aber zumindest einen Kandidaten-Streckenabschnitt eines konsolidierten Streckenabschnitts, so darf dies im Sinne der Abgabengerechtigkeit nicht dazu führen, dass diese wenigen Fahrzeuge keinen Beitrag für diesen konsolidierten Abschnitt zahlen, dessen sämtliche Kandidaten-Streckenabschnitte von der überwiegenden Mehrheit fast aller Beitrag zahlenden Fahrzeuge befahren werden. Nach Maßgabe der Typisierungsgerechtigkeit, die diese Abgabeungerechtigkeit vermeidet, dürfen dann auch diese relativ wenigen Fahrzeuge, die in relativ wenigen Fällen (z. B. nicht mehr als zehn Prozent aller Fahrspuren) nicht alle Kandidaten-Streckenabschnitte aber zumindest einen Kandidaten-Streckenabschnitt eines konsolidierten Streckenabschnitts befahren, zur Zahlung des Beitrags für diesen konsolidierten Abschnitt herangezogen werden, den sie nur teilweise befahren haben.

Die Erfindung ermöglicht es beispielsweise, Kandidaten-Streckenabschnitte zu identifizieren, die in mehr als neunzig Prozent der Fahrspuren von einer ihrer Trajektorien umfasst sind.

[0025] Vorzugsweise ist die erfindungsgemäße Datenverarbeitungseinrichtung ausgebildet, eine Menge an Trajektorien mit jeweils wenigstens einem Streckenabschnitt aus den erfassten Fahrspuren zu bestimmen, die nur solche Mehr-

fachabschnittssequenzen umfasst, die verzweigungsknotenfrei in der Hinsicht sind, dass zwischen keinem Paar an unmittelbar aufeinander folgenden Streckenabschnitten einer verzweigungsknotenfreien Mehrfachabschnittssequenz ein Verzweigungsknoten vorliegt, wobei die Datenverarbeitungseinrichtung ferner ausgebildet ist, von verzweigungsknotenhaltigen Mehrfachabschnittssequenzen verzweigungsknotenterminierte Mehrfachabschnittssequenzen abzutrennen, welche sie als verzweigungsknotenfreie Mehrfachabschnittssequenzen zur Menge der Trajektorien hinzufügt. Mit dieser Maßnahme kann die Identifizierung von Kandidaten-Streckenabschnitten deutlich vereinfacht und beschleunigt werden, weil das Problem der verschiedenen, gegebenenfalls streckenabschnittskonjunkten Teilsequenzen, die sich über denselben Verzweigungsknoten erstrecken, von vornherein vermieden wird.

[0026] Um zu einer optimalen Auswahl an Teilsequenzen von Kandidaten-Streckenabschnitten für konsolidierte Streckenabschnitte eines hinsichtlich seiner Komplexität reduzierten Streckenabschnittsmodells zu gelangen, kann die erfindungsgemäße Datenverarbeitungseinrichtung ausgebildet sein, eine Zielfunktion derjenigen Teilmengen einer Ausgangsmenge von in der Menge an Trajektorien enthaltenen verschiedenen Teilsequenzen zu maximieren, die wenigstens eine vorgegebene Nebenbedingung erfüllen.

Eine solche Zielfunktion (auch Nutzenfunktion genannt) akzeptiert jede Auswahl an möglichen Teilsequenzen und Streckenabschnitten, die die Nebenbedingung erfüllt und gibt für jede Auswahl einen Nutzenwert zurück.

Dabei ist die Datenverarbeitungseinrichtung vorzugsweise ausgebildet, im Ergebnis der Maximierung wenigstens eine Teilsequenz zu identifizieren, die einer Teilmenge der Ausgangsmenge angehört, für die die Zielfunktion den Maximalwert annimmt.

Insbesondere kann die erfindungsgemäße Datenverarbeitungseinrichtung ausgebildet sein, eine Zielfunktion derjenigen Teilmengen einer Ausgangsmenge von allen in der Menge an Trajektorien enthaltenen verschiedenen Teilsequenzen zu maximieren, die wenigstens eine vorgegebene Nebenbedingung erfüllen. Damit steht der Datenverarbeitungseinrichtung die größte Ausgangsmenge an Teilsequenzen für die Zielfunktion zur Verfügung.

Ferner kann die erfindungsgemäße Datenverarbeitungseinrichtung ausgebildet sein, eine Zielfunktion derjenigen Teilmengen einer Ausgangsmenge von - insbesondere allen - in der Menge an Trajektorien enthaltenen verschiedenen Teilsequenzen und Einzelabschnittssequenzen von Streckenabschnitten, die keiner Teilsequenz der Ausgangsmenge angehören, zu maximieren, die wenigstens eine vorgegebene Nebenbedingung erfüllen.

[0027] Zur Erfüllung der Maßgabe der erfindungsgemäßen Identifizierung kann eine derartige erfindungsgemäße Datenverarbeitungseinrichtung ausgebildet sein, nur Teilsequenzen derjenigen Mehrfachabschnittssequenzen der Ausgangsmenge oder einer Teilmenge hinzuzufügen, deren Velfachheit größer als eins sind, das heißt: solcher Mehrfachabschnittssequenzen, die Mehrfachabschnittssequenzen mehrerer verschiedener Fahrspuren sind oder mehrfach in derselben Fahrspur auftreten.

[0028] Eine Nebenbedingung kann lauten, dass nur solche ausgewählten Teilsequenzen einer Teilmenge angehören dürfen, von denen kein Streckenabschnitt von einer Trajektorie umfasst ist, die nicht auch die ausgewählte Teilsequenz umfasst, wobei die erfindungsgemäße Datenverarbeitungseinrichtung ausgebildet ist, nur derartige ausgewählte Teilsequenzen einer Teilmenge der Zielfunktion hinzuzufügen. Damit wird eine Identifizierung von Kandidaten-Streckenabschnitten vermieden, die einer Teilsequenz angehören, die nicht in allen Fällen vollständig befahren wird.

[0029] Eine andere, alternative oder kumulative, Nebenbedingung kann lauten, dass eine vorgegebene Anzahl von verschiedenen Teilsequenzen - und optional Einzelabschnittssequenzen - der Teilmenge nicht überschritten, insbesondere getroffen wird. Dazu ist die erfindungsgemäße Datenverarbeitungseinrichtung vorzugsweise ausgebildet, eine Zielfunktion derjenigen Teilmengen einer Ausgangsmenge von in der bestimmten Menge an Trajektorien enthaltenen verschiedenen Teilsequenzen - und optional Einzelabschnittssequenzen - zu maximieren, die die Nebenbedingung erfüllen, dass sie nicht mehr als - insbesondere genau - eine vorgegebene Anzahl von verschiedenen Teilsequenzen - und optional Einzelabschnittssequenzen - enthält.

Mit dieser Maßnahme lässt sich der Umfang eines neuen Streckenabschnittsnetzes festlegen und optional auch seine Art - nämlich ob auch (beispielsweise eine bestimmte Anzahl) Streckenabschnitte von Einzelabschnittssequenzen enthalten sein dürfen oder nicht.

[0030] Besonders bevorzugt ist die erfindungsgemäße Datenverarbeitungseinrichtung ausgebildet, eine Zielfunktion derjenigen Teilmengen einer Ausgangsmenge von - insbesondere allen - in der Menge an Trajektorien enthaltenen verschiedenen Teilsequenzen und Einzelabschnittssequenzen zu maximieren, die die erste Nebenbedingung erfüllen, dass eine vorgegebene Anzahl der Teilsequenzen und Einzelabschnittssequenzen einer Teilmenge, nicht überschritten - insbesondere getroffen - wird, und die zweite Nebenbedingung erfüllen, dass die Teilsequenzen und Einzelabschnittssequenzen disjunkt sind.

Die Disjunktivitätsbedingung legt fest, dass kein Streckenabschnitt mehrfach in eine Teilmenge eingeht, weder als Einzelabschnittssequenz noch als Streckenabschnitt einer Teilsequenz, das heißt: dass nur solche Einzelabschnittssequenzen zu einer Teilmenge zählen, die keiner Teilsequenz dieser Teilmenge angehören und nur solche Teilsequenzen zu einer Teilmenge zählen, die mit keiner der übrigen Teilsequenzen dieser Teilmenge einen Streckenabschnitt gemein haben.

Damit wird der Vermeidung einer Mehrfachvergebührung von neuen Streckenabschnitten eines neuen Streckenab-

schnittsnetzes Rechnung getragen.

[0031] Bevorzugt ist die erfindungsgemäße Datenverarbeitungseinrichtung ausgebildet, in die Ausgangsmenge nur solche Teilsequenzen aufzunehmen, die von mehreren - nicht notwendigerweise verschiedenen - Mehrfachabschnittsequenzen (das heißt: solchen mit einer Vielfachheit von größer als eins oder solchen, die zwar verschieden sind, aber dieselbe Teilsequenz umfassen) umfasst sind. Damit wird schon vor der Durchführung des Maximierungsprozesses der Zielfunktion eine Datenbasis bereitgestellt, die die Maßgabe der Erfindung erfüllt, dass die Kandidaten-Streckenabschnitte eine Teilsequenz mehrerer bestimmter Mehrfachabschnittsequenzen der erfassten Fahrspuren bilden sollen. Die Wirkung ist eine vereinfachte und beschleunigte Durchführung des Maximierungsprozesses.

[0032] Vorzugsweise ist die erfindungsgemäße Datenverarbeitungseinrichtung dadurch gekennzeichnet, dass Teilsequenzen und Einzelabschnittsequenzen in Abhängigkeit von ihrer jeweiligen Vielfachheit, mit der sie in der bestimmten Menge an Trajektorien auftreten, in die Zielfunktion eingehen.

Vorzugsweise gehen die Teilsequenzen und Einzelabschnittsequenzen mit einer Potenz ihrer jeweiligen Vielfachheit in die Zielfunktion ein, wobei diese Potenz jeweils größer als null ist. Insbesondere kann die Potenz eins betragen.

Dies führt im Ergebnis dazu, dass bevorzugt diejenigen Teilsequenzen der Teilmenge einer im Ergebnis maximalen Zielfunktion sind, die besonders häufig durchgängig befahren werden.

[0033] Vorzugsweise ist die erfindungsgemäße Datenverarbeitungseinrichtung dadurch gekennzeichnet, dass Teilsequenzen und Einzelabschnittsequenzen in Abhängigkeit von einem jeweiligen ihnen zugeordneten Gewicht in die Zielfunktion eingehen. Insbesondere ist das jeweilige Gewicht ein Maß für die Länge der Teilsequenz beziehungsweise der Einzelabschnittsequenz.

Dies führt im Ergebnis dazu, dass bevorzugt diejenigen Teilsequenzen Elemente einer Teilmenge einer im Ergebnis maximalen Zielfunktion sind, die besonders lang sind.

Gängigen Tarifmodellen von Mautsystem entsprechend sind die längsten Streckenabschnitte die gebührenträchtigsten. Bei einer Begrenzung der Anzahl neuer Streckenabschnitte eines neuen mautpflichtigen Streckenabschnittsnetzes ist es im Sinne einer Maximierung des Gebührenaufkommens vorteilhaft, eine derartige Wichtung vorzunehmen.

[0034] Besonders bevorzugt ist die erfindungsgemäße Datenverarbeitungseinrichtung in ihrer einfachsten Ausbildung oder einer jeden ihrer Weiterbildungen ausgebildet, aus dem Streckenabschnittsnetz ein neues Streckenabschnittsnetz mit einer wenigstens um $q-1$ gegenüber der ursprünglichen Anzahl reduzierten Anzahl an neuen Streckenabschnitten einer Menge von neuen Streckenabschnitten zu erzeugen, wobei sie identifizierte Kandidaten-Streckenabschnitte wenigstens einer Teilsequenz zu wenigstens einem konsolidierten Streckenabschnitt zusammenfasst.

Damit wird es möglich, aus einem ursprünglichen, komplexen Streckenabschnittsnetz ein neues, weniger komplexes Streckenabschnittsnetz zu erzeugen.

Insbesondere kann eine solche Datenverarbeitungseinrichtung ausgebildet sein, die Kandidaten-Streckenabschnitte einer Anzahl U von mehreren Teilsequenzen mit jeweils einem q_m -tupel von Kandidaten-Streckenabschnitten jeweils teilsequenzweise zu einem konsolidierten Streckenabschnitt zusammenzufassen und durch Ersetzung der Kandidaten-Streckenabschnitte des ursprünglichen Streckenabschnittsnetzes ein neues Streckenabschnittsnetz mit U konsolidierten Streckenabschnitten zu erzeugen.

Ferner kann eine solche Datenverarbeitungseinrichtung ausgebildet sein, in das neue Streckenabschnittsnetz keine Streckenabschnitte aufzunehmen, die in keiner der Sequenzen (Mehrfach- und Einzelabschnittsequenzen) der erfassten Fahrspuren enthalten sind. Damit kann Komplexität eines neuen Streckenabschnittsnetzes gegenüber der des ursprünglichen noch weiter reduziert werden.

[0035] Dabei kann die erfindungsgemäße Datenverarbeitungseinrichtung ausgebildet sein, aus einem ursprünglichen Mautsystem mit einem ursprünglichen Streckenabschnittsnetz und ursprünglichen Erkennungsregeln ein neues Mautsystem mit einem neuen Streckenabschnittsnetz und neuen Erkennungsregeln zu schaffen, die jeweils wenigstens eine neue Erkennungsbedingung hinsichtlich einer neuen Erkennungskonsequenz der Ermittlung eines befahrenen konsolidierten Streckenabschnitts beinhalten.

In diesem Sinne kann die erfindungsgemäße Datenverarbeitungseinrichtung ausgebildet sein, Geo-Objekte, die jeweils durch wenigstens eine vorbestimmte Position gekennzeichnet sind und jeweils mit einem Streckenabschnitt assoziiert sind, jeweils zusammen mit einer Erkennungsregel bereitzustellen, die besagt, dass die hinreichende Übereinstimmung wenigstens einer Fahrzeugposition mit wenigstens einem der Geo-Objekte einer Befahrung des mit dem diesem wenigstens einen Geo-Objekt assoziierten Streckenabschnitts entspricht, und von Kandidaten-Geo-Objekten identifizierter Kandidaten-Streckenabschnitte wenigstens eines mit dem konsolidierten Streckenabschnitt unter Bildung einer konsolidierten Erkennungsregel zu assoziieren.

Vorzugsweise wird die besagte Fahrzeugposition durch eine von dem Fahrzeug, von dem die Fahrspur stammt, mitgeführte Fahrzeugeinrichtung erfasst oder erzeugt, insbesondere mittels eines GNSS-Empfängers (GNSS = Globales Navigationssatellitensystem).

[0036] Vorzugsweise umfasst das erfindungsgemäße Mautsystem eine derartige Datenverarbeitungseinrichtung. Insbesondere ist wenigstens eine Komponente (Datenverarbeitungseinrichtung oder Fahrzeugeinrichtung) eines derartigen Mautsystems ausgebildet, aus wenigstens einer Fahrspur wenigstens eines Fahrzeugs die Befahrung wenigstens eines

der Streckenabschnitte des neuen Streckenabschnittsnetzes zu erkennen.

Damit wird ein sich selbst hinsichtlich seiner Komplexität optimierendes Mautsystem bereitgestellt.

[0037] Insbesondere kann die derartige Datenverarbeitungseinrichtung ausgebildet sein, von den Kandidaten-Geo-Objekten derjenigen identifizierten Kandidaten-Streckenabschnitte, die zu einem konsolidierten Streckenabschnitt B zusammengefasst wurden, wenigstens ein Kandidaten-Geo-Objekt eines Kandidaten-Streckenabschnittes mit dem konsolidierten Streckenabschnitt unter Bildung einer konsolidierten Erkennungsregel zu assoziieren, die besagt, dass die hinreichende Übereinstimmung von wenigstens einer Fahrzeugposition mit dem wenigstens einen Kandidaten-Geo-Objekte der Befahrung des konsolidierten Streckenabschnitts entspricht.

Mit dieser Erkennungsregel gilt der konsolidierte Streckenabschnitt bereits als befahren, wenn nur ein der Kandidaten-Streckenabschnitte befahren wurde.

[0038] Alternativ und im Sinne höherer Komplexität weniger bevorzugt kann die derartige Datenverarbeitungseinrichtung ausgebildet sein, von den Kandidaten-Geo-Objekten derjenigen identifizierten Kandidaten-Streckenabschnitte, die zu einem konsolidierten Streckenabschnitt zusammengefasst wurden, wenigstens zwei Kandidaten-Geo-Objekte verschiedener Kandidaten-Streckenabschnitte mit dem konsolidierten Streckenabschnitt unter Bildung einer konsolidierten Erkennungsregel zu assoziieren, die besagt, dass die hinreichende Übereinstimmung mehrerer Fahrzeugpositionen mit jedem der wenigstens zwei mit dem konsolidierten Streckenabschnitt Kandidaten-Geo-Objekte der Befahrung des konsolidierten Streckenabschnitts B entspricht.

[0039] Mit dieser Erkennungsregel gilt der konsolidierte Streckenabschnitt erst dann als befahren, wenn mehrere der Kandidaten-Streckenabschnitte befahren wurden.

[0040] Gemäß einem zweiten Aspekt der Erfindung wird ein Verfahren zur Reduzierung der Komplexität eines Streckenabschnittsnetzes mit folgenden Schritten bereitgestellt: (a) Bereitstellung eines Streckenabschnittsnetzes einer Anzahl R von Streckenabschnitten mit Vorgänger-Nachfolger-Beziehungen von ersten Streckenabschnitten zu zweiten Streckenabschnitten im Streckenabschnittsnetz, (b) Erfassung von mehreren Fahrspuren zumindest eines Fahrzeugs über jeweils einen oder mehrere Streckenabschnitte des Streckenabschnittsnetzes, (c) Bestimmung einer Menge an Trajektorien mit jeweils wenigstens einem Streckenabschnitt aus den erfassten Fahrspuren, die mehrere Mehrfachabschnittssequenzen mit mehreren, jeweils von einem Fahrzeug in unmittelbarer Folge befahrenen, Streckenabschnitten, die bedingt durch eine Vorgänger-Nachfolger-Beziehung oder mehrere Vorgänger-Nachfolger-Beziehungen des Streckenabschnittsnetzes im Streckenabschnittsnetz unmittelbar aufeinander folgen, umfasst und (d) Identifizierung wenigstens eines q-tupels ($q > 1$) von mehreren unmittelbar im Streckenabschnittsnetz aufeinander folgenden Kandidaten-Streckenabschnitten, die eine Teilsequenz von q unmittelbar aufeinander folgend befahrenen Streckenabschnitten von mehreren der bestimmten Mehrfachabschnittssequenzen der erfassten Fahrspuren bilden. Insbesondere werden alle diese Schritte von einer Datenverarbeitungseinrichtung durchgeführt.

[0041] Bereitgestellt wird außerdem eine Datenverarbeitungseinrichtung, die ausgebildet ist, das erfindungsgemäße Verfahren durchzuführen, beispielsweise die erfindungsgemäße Datenverarbeitungseinrichtung.

[0042] Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Verfahrens können durch Schritte erfolgen, die den Weiterbildungen der erfindungsgemäßen Datenverarbeitungseinrichtung entsprechen.

[0043] Insbesondere ist das erfindungsgemäße Verfahren gekennzeichnet durch den Schritt der Erzeugung eines neuen Streckenabschnittsnetzes aus dem (ursprünglichen) Streckenabschnittsnetz mit einer wenigstens um $q-1$ gegenüber der Anzahl R reduzierten neuen Anzahl R' an neuen Streckenabschnitten einer Menge von neuen Streckenabschnitten durch Zusammenfassung identifizierter Kandidaten-Streckenabschnitte wenigstens einer Teilsequenz zu wenigstens einem konsolidierten Streckenabschnitt.

Insbesondere wird dieser Schritt von einer Datenverarbeitungseinrichtung durchgeführt.

Darüber hinaus kann ein Schritt vorgesehen sein, der - wie zum ersten Aspekt der Erfindung beschrieben - die Erstellung einer neuen Erkennungsregel für den wenigstens einen konsolidierten Streckenabschnitt, insbesondere die Erstellung von Erkennungsregeln für alle konsolidierten Streckenabschnitte, des neuen Streckenabschnittsnetzes vorsieht. Insbesondere wird dieser Schritt von einer Datenverarbeitungseinrichtung durchgeführt.

Ferner kann in einem weiteren Schritt vorgesehen sein, die Befahrung wenigstens eines der neuen Streckenabschnitte des neuen Streckenabschnittsnetzes anhand wenigstens einer Fahrzeugposition wenigstens eines Fahrzeugs zu erkennen.

Ein derartiger Schritt kann von einem von dem Fahrzeug mitgeführten Fahrzeugeinrichtung durchgeführt werden, die die Fahrzeugposition des Fahrzeugs erfasst oder erzeugt hat, beispielsweise mittels eines GNSS-Empfängers (GNSS = Globales Navigationssatellitensystem), und/ oder von einer zentralen, außerhalb vom Fahrzeug beabstandet vom Fahrzeug angeordneten Einrichtung, beispielsweise der erfindungsgemäßen Datenverarbeitungseinrichtung, die die Fahrzeugpositionen des Fahrzeugs von einer Fahrzeugeinrichtung des Fahrzeugs empfängt, welche die Fahrzeugposition des Fahrzeugs erfasst oder erzeugt hat, beispielsweise mittels eines GNSS-Empfängers (GNSS = Globales Navigationssatellitensystem).

[0044] Mit der Gesamtheit dieser Schritte wird ein sich selbst hinsichtlich seiner Komplexität optimierendes Mautsystem geschaffen.

[0045] Nachfolgend wird die Erfindung anhand zweier nicht als einschränkend anzusehender Ausführungsbeispiele näher beschrieben. Dazu zeigen schematisch

- Fig. 1 ein erfindungsgemäßes Mautsystem,
- Fig. 2 den Ablauf eines erfindungsgemäßen Verfahrens,
- Fig. 3a eine Sequenz identifizierter Kandidaten-Streckenabschnitte und
- Fig. 3b einen aus den Kandidaten-Streckenabschnitten konsolidierten Streckenabschnitt

BESTIMMUNG EINER MENGE VON TRAJEKTORIEN

[0046] Ein in Fig. 1 schematisch dargestelltes Mautsystem 70 weist Fahrzeuge 30_f auf, die jeweils mit einem Fahrzeuggerät 10_f ausgerüstet sind. Die Fahrzeuge 30_f gehören zum Beispiel Nutzern des in Fig. 2 dargestellten mautpflichtigen Streckenabschnittsnetzes G. Die Anzahl der Fahrzeuge 30_f beträgt vorzugsweise mehr als 1.000, besonders bevorzugt mehr als 1.000.000. Die Fahrzeuggeräte 10_f sind jeweils durch einen Fahrzeuggerät-Prozessor 11_f, eine Positionsbestimmungseinrichtung 12_f, ein Mobilfunk-Kommunikationsmodul 13_f, einen Arbeitsspeicher 16_f und einen Daten-Schreib-Lese-Speicher 17_f gekennzeichnet, wobei die Positionsbestimmungseinrichtung 12_f das Mobilfunk-Kommunikationsmodul 13_f, der Arbeitsspeicher 16_f und der Daten-Schreib-Lese-Speicher 17_f (beispielsweise eine Solid-State-Disk, SSD) zum Datenaustausch kommunikationstechnisch mit dem Fahrzeuggerät-Prozessor 11_f gekoppelt sind. Die Positionsbestimmungseinrichtungen 12_f empfangen jeweils Navigationssignale von Satelliten eines GNSS (Globalen Navigationssatellitensystems), beispielsweise GPS, und bestimmen aus den empfangenen Navigationssignalen, gegebenenfalls abhängig von Messwerten nicht dargestellter Einrichtungen zur Koppelortung, nachfolgend Fahrzeugpositionen des Fahrzeugs 30_f, von dem sie mitgeführt werden. Die bestimmten Fahrzeugpositionen werden von dem Fahrzeuggerät-Prozessor 11_f sukzessive empfangen und eine Fahrspurdatei geschrieben, die im Arbeitsspeicher 16_f und/oder im Daten-Schreib-Lese-Speicher 17_f zur Aufnahme von Fahrzeugpositionen vorgesehen ist. Nach Erreichen einer bestimmten Anzahl von Fahrzeugpositionen oder unter einer anderen Bedingung, weist der Fahrzeuggerät-Prozessor 11_f das Mobilfunk-Kommunikationsmodul 13_f an, die Fahrspurdatei mit der aus den in die Fahrspurdatei geschriebenen Fahrzeugpositionen gebildeten Fahrspur F über ein Mobilfunknetz 40 an die Datenverarbeitungseinrichtung 50 einer Mautzentrale 58 des Mautsystems 70 zu senden.

[0047] Die Datenverarbeitungseinrichtung 50 weist einen zentralen Prozessor 51, eine zentrale Kommunikationseinrichtung 53 (beispielsweise ein Modem oder ein Gateway), einen Arbeitsspeicher 56 und zwei Daten-Schreib-Lese-Speicher 57a und 57b (kurz: Speicher, beispielsweise SSDs) auf. Die beiden Daten-Schreib-Lese-Speicher 57a und 57b können alternativ auch Speicherbereiche eines einzigen Daten-Schreib-Lese-Speichers (nicht dargestellt) sein.

[0048] Die Datenverarbeitungseinrichtung 50 ist ausgebildet, mehrere Fahrspuren F_k von verschiedenen Fahrzeugen 30_f durch Empfang über das Mobilfunknetz 40 zu erfassen und die erfassten Fahrspuren F_k mittels ihres zentralen Prozessors 51 anonymisiert im Speicher 57b abzulegen. Durch die Erfassung von Fahrspuren F_k über einen vorgegebenen Zeitraum von beispielsweise einem Monat oder einer Woche oder bis zu einer vorgegebenen Anzahl K an Fahrspuren F_k wird eine Menge {F} von Fahrspuren F_k in dem Speicher 57b archiviert und durch den Speicher 57b der Datenverarbeitungseinrichtung 50 bereitgestellt (siehe oberen rechten Teil von Fig. 2).

[0049] Gemäß beiden Ausführungsbeispielen wird als erstes Netz übergeordneter Straßen ein initiales Streckenabschnittsnetz G - in diesem Fall des bundesdeutschen Autobahnnetzes - durch die Datenverarbeitungseinrichtung 50, insbesondere durch ihren Speicher 57a, bereitgestellt. Dieses initiale Streckennetz ist im oberen linken Teil von Fig. 2 in Form einer Karte dargestellt, die auch die Längen und Verläufe der Streckenabschnitte abbildet. Längen und/oder Verläufe der Streckenabschnitte müssen nicht notwendigerweise als Teil des Streckenabschnittsnetzes G im Speicher 57a gespeichert sein. Prinzipiell genügen die Kennungen der Streckenabschnitte mit ihren Vorgänger-Nachfolger-Beziehungen, die die Menge {A} der Streckenabschnitte zu einem Streckenabschnittsnetz G weiterbilden. In diesem Sinne umfasst das Streckenabschnittsnetz G die Menge {A} an R Streckenabschnitten A_i (i = 1, ..., R) und Vorgänger-Nachfolger-Beziehungen von ersten Streckenabschnitten A_i zu zweiten Streckenabschnitten A_j, j ≠ i. Die Streckenabschnitte A_i können durch ihre jeweilige Streckenabschnittskennung repräsentiert sein und/oder durch ihre Anfangs- und Endknoten (repräsentiert durch entsprechende Knotenkennungen), die sowohl Verzweigungsknoten innerhalb des Streckenabschnittsnetzes G als auch Schnittstellenknoten zur Zufahrt aus einem zweiten Netz untergeordneter Straßen oder zur Abfahrt in das zweite Netz untergeordneter Straßen (in diesem Fall Bundesstraßen, Landesstraßen, Kreisstraßen und Gemeindestraßen) sein können. Schnittstellenknoten, die keine Verzweigungsknoten sind, werden auch als Durchgangsknoten bezeichnet.

Diese Vorgänger-Nachfolger-Beziehungen können durch einen Graphen des Streckenabschnittsnetzes G, in dem die Streckenabschnitte die Kanten bilden und die Zu- und/oder Abfahrten die Knoten, oder durch eine Knoten-Knoten-(Adjazenz-), Knoten-Kanten- (Inzidenz-) oder Kanten-Kanten-Matrix repräsentiert sein. Zusätzlich zu dem Streckenabschnittsnetz G sind im Speicher 57a assoziiert mit jedem Streckenabschnitt A_i jeweils wenigstens ein Geo-Objekt O_i gespeichert, das durch wenigstens eine vorbestimmte Position gekennzeichnet ist.

[0050] Aus der Menge $\{F\}$ der Fahrspuren F_k bestimmt die Datenverarbeitungseinrichtung 50 mittels ihres zentralen Prozessors 51 und unter Verwendung ihres zentralen Arbeitsspeichers 56 zunächst durch Vergleich der Fahrzeugpositionen der jeweiligen Fahrspur F_k mit den Geo-Objekten O_i unter der Erkennungsbedingung, dass zumindest eine der Fahrzeugpositionen hinreichend mit wenigstens einem Geo-Objekt O_i übereinstimmt, ob, und wenn ja, welche Streckenabschnitte A_i befahren wurden. Dabei wird eine Information über die Reihenfolge, in der die Streckenabschnitte A_i nacheinander befahren wurden, aus der Reihenfolge oder einer jeweiligen Zeitinformation der Fahrzeugpositionen der Fahrspur abgeleitet.

[0051] Die Mengen $\{A\}_k$ der jeweils im Zuge der Aufnahme der Fahrspuren F_k befahrenen Streckenabschnitte A_i werden daraufhin unter Verwendung der Vorgänger-Nachfolger-Beziehungen und der Information über die Reihenfolge der ihrer Befahrung geprüft, welche Mehrfachabschnittsequenzen M_l mit mehreren, jeweils von dem Fahrzeug 30, von dem die Fahrspur F_k stammt, in unmittelbarer Folge befahrenen, Streckenabschnitten A_i , die bedingt durch eine Vorgänger-Nachfolger-Beziehung oder mehrere Vorgänger-Nachfolger-Beziehungen des Streckenabschnittsnetzes G im Streckenabschnittsnetz G unmittelbar aufeinander folgen.

[0052] Im Ergebnis dieser Bestimmung von Mehrfachabschnittsequenzen M_l aus der Menge $\{F\}$ der Fahrspuren F_k liegt der Datenverarbeitungseinrichtung 50 durch die Verarbeitung der Fahrspuren F_k unter Berücksichtigung der Informationen des Streckenabschnittsnetzes G mittels des zentralen Prozessors 51 eine Multimenge $\{M\}_d$ von jeweils d_l -fach auftretenden verschiedenen Mehrfachabschnittsequenzen M_l vor, die die Menge $\{M\}$ an L verschiedenen Mehrfachabschnittsequenzen M_l der Menge $\{F\}$ der K Fahrspuren F_k bilden.

Die Multimenge $\{M\}_d$ umfasst somit insgesamt

$$L_d = |\{M\}_d| = \sum_{l=1}^L d_l$$

[0053] Mehrfachabschnittsequenzen M_l mit ihrer jeweiligen Vielfachheit d_l .

[0054] Im Falle der beiden folgenden Ausführungsbeispiele sind sämtliche bestimmte Mehrfachabschnittsequenzen M_l vollständige Mehrfachabschnittsequenzen M_l , die dadurch gekennzeichnet sind, dass jede Mehrfachabschnittsequenz M_l mit der Zufahrt auf einen ersten Streckenabschnitt A_i aus dem zweiten Netz beginnt und mit der Abfahrt von einem zweiten Streckenabschnitt A_j , $j \neq i$, in das zweite Netz endet.

Derartige vollständige Mehrfachabschnittsequenzen M_l sind in dieser Hinsicht inklusionsmaximal, als dass ihnen kein weiterer Streckenabschnitt A_i der jeweiligen Fahrspur F_k zur Bildung einer längeren Mehrfachabschnittsequenz mehr hinzugefügt werden kann.

Diese Bestimmung stellt inhaltlich keine Einschränkung dar, sondern vereinfacht das Verständnis der folgenden Betrachtungen, indem sie sich nicht auf die viel größere Menge unvollständiger Mehrfachabschnittsequenzen bezieht, die in jeder vollständigen Mehrfachabschnittsequenz M_l mit drei oder mehr Streckenabschnitten streckenabschnittskonjunkt mehrdeutig und/ oder mehrfach enthalten sind.

Die Menge der ermittelten Mehrfachabschnittsequenzen M_l bildet zumindest eine Teilmenge der Trajektorienmenge $\{T\}$ an Trajektorien T_n , die Mehrfachabschnittsequenzen M_l enthalten und auch Einfachabschnittsequenzen E_i der Fahrspuren F_k enthalten können.

IDENTIFIZIERUNG VON KANDIDATEN-STRECKENABSCHNITTEN - ERSTES AUSFÜHRUNGSBEISPIEL

[0055] Gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel ist die Datenverarbeitungseinrichtung 50, speziell der zentrale Prozessor 51, ausgebildet, die Multimenge $\{M\}_d$ an vollständigen Mehrfachabschnittsequenzen M_l daraufhin zu analysieren, welche Teilsequenzen Q_m mit $q_m > 1$ Streckenabschnitten $A_i, \dots, A_{i+q_m-1}$ mit einer Vielfachheit H_m von größer als 1 in der Multimenge $\{M\}_d$ enthalten sind und die Kandidaten-Streckenabschnitten $A_i, \dots, A_{i+q_m-1}$ dieser Teilsequenzen Q_m zu identifizieren und auszugeben. Damit wird erfindungsgemäß wenigstens ein q_m -tupel ($q_m > 1$) von mehreren unmittelbar im Streckenabschnittsnetz aufeinander folgenden Kandidaten-Streckenabschnitten $A_i, \dots, A_{i+q_m-1}$ identifiziert, die eine Teilsequenz Q_m von q_m mehreren unmittelbar aufeinander folgend befahrenen Streckenabschnitten $A_i, \dots, A_{i+q_m-1}$ von mehreren der bestimmten Mehrfachabschnittsequenzen M_l der erfassten Fahrspuren F_k bilden.

[0056] Tritt beispielsweise die Mehrfachabschnittsequenz M_1 mit Streckenabschnitten A_1, A_2 und A_3 mit der Vielfachheit 1 in der Multimenge $\{M\}_d$ und die Mehrfachabschnittsequenz M_2 mit den Streckenabschnitten A_2 , und A_4 mit der Vielfachheit in der Multimenge $\{M\}_d$ auf, so ist eine in den beiden Mehrfachabschnittsequenzen M_1 und M_2 mit der Vielfachheit 2 enthaltene Teilsequenz Q_1 diejenige mit den Streckenabschnitten A_2 und A_3 .

[0057] Im Ergebnis dieser Analyse liegt der Datenverarbeitungseinrichtung 50 eine Menge $\{Q\}$ an M verschiedenen Teilsequenzen Q_m vor, die in mehreren gleichen oder verschiedenen Mehrfachabschnittsequenzen M_l auftreten.

[0058] In einer Weiterverarbeitung dieses Ergebnisses verwirft die Datenverarbeitungseinrichtung 50 aus der Menge

{Q} an Teilsequenzen Q_m diejenigen, die nicht mit einer vorgegebenen Mindesthäufigkeit $H_{\min}$ befahren wurden, das heißt zumindest mit einer Häufigkeit H_m größergleich $H_{\min}$ in den Mehrfachabschnittsequenzen M_l auftreten. Beispielsweise ist die Mindesthäufigkeit $H_{\min}$ größergleich 10 und kleinergleich 1000. Beispielsweise ist die Mindesthäufigkeit abhängig von, insbesondere gleich, dem Quotienten aus der Gesamtanzahl $|\{A\}_k|$ aller im Zuge der Fahrspuren F_k befahrenen Streckenabschnitte und der Gesamtanzahl $|A|$ der verschiedenen Streckenabschnitte A_i des Streckenabschnittsnetzes G.

[0059] Insbesondere können gegebenenfalls zunächst Kandidaten-Streckenabschnitten $A_i, \dots, A_{i+q_m-1}$ von streckenabschnittsdisjunkten Teilsequenzen Q_m identifiziert werden, die in mehreren Mehrfachabschnittsequenzen M_l vollständig, jedoch in keiner Mehrfachabschnittsequenz nur teilweise enthalten sind.

[0060] Andererseits können eine, mehrere oder sogar alle der verbleibenden Teilsequenzen Q_m streckenabschnittskonjunkt sein, das heißt, dass sich jeweils zu einer ersten Teilsequenz Q_m eine von der ersten Teilsequenz Q_m verschiedene zweite Teilsequenz Q_n findet, die mit der ersten Teilsequenz Q_m wenigstens einen Streckenabschnitt A_g gemein hat.

[0061] Wenn nun die Komplexität des ursprünglichen Streckenabschnittsnetzes G unter Bildung eines neuen Streckenabschnittsnetzes G' mit einer gegenüber der Anzahl R an Streckenabschnitten A_i reduzierten Anzahl R' an Streckenabschnitten verringert werden soll, stellt sich bei streckenabschnittskonjunkten Teilsequenzen Q_m und Q_n die Frage, welche Streckenabschnitte $A_i, \dots, A_{i+q_m-1}$ welcher von beiden Teilsequenzen Q_m und Q_n zur Bildung eines konsolidierten Streckenabschnittes B_m beziehungsweise B_n zusammengefasst werden sollen.

Mit anderen Worten: Von mehreren Teilsequenzen Q_m und Q_n können nur diejenigen zu einem konsolidierten Streckenabschnitt zusammengefasst werden, die streckenabschnittsdisjunkt sind, das heißt keinen Streckenabschnitt A_g gemein haben.

Dazu gibt es mehrere Lösungsvorschläge:

[0062] Zum einen kann die Datenverarbeitungseinrichtung 50 ausgebildet sein, in einem ersten Folgeschritt aus der Menge von allen identifizierten Teilsequenzen Q_m zunächst diejenigen Kandidaten-Streckenabschnitte $A_i, \dots, A_{i+q_m-1}$ zu auswählen, deren Teilsequenzen Q_m streckenabschnittsdisjunkt mit jeder anderen Teilsequenz Q_n ist.

Anschließend wird in einem zweiten Folgeschritt die verbleibende Restmenge streckenabschnittskonjunkter Teilsequenzen auf die Teilmenge identifizierter Zweifachabschnittsteilsequenzen $Q^{(2)}_m$ beschränkt und es werden in einem dritten Folgeschritt nur diejenigen Kandidaten-Streckenabschnitte A_i, A_{i+1} ausgewählt, deren Zweifachabschnittsteilsequenzen $Q^{(2)}_m$ streckenabschnittsdisjunkt mit jeder anderen Zweifachabschnittsteilsequenzen $Q^{(2)}_n$ ist.

Anschließend werden in einem vierten Folgeschritt Kandidaten-Streckenabschnitte A_i, A_{i+1} derjenigen Zweifachabschnittsteilsequenzen $Q^{(2)}_m$ ausgewählt, die mit nicht mehr als einer einzigen weiteren Zweifachabschnittsteilsequenz $Q^{(2)}_n$ streckenabschnittskonjunkt sind, wobei die weiteren Zweifachabschnittsteilsequenzen $Q^{(2)}_n$ aus dem weiteren Prozess der Identifizierung ausgeklammert werden. Durch diese Ausklammerung der weiteren $Q^{(2)}_n$ Zweifachabschnittsteilsequenzen kann es sein, dass die verbleibende Restmenge der ermittelten Zweifachabschnittsteilsequenzen neue streckenabschnittseinfachkonjunkte Zweifachabschnittsteilsequenzen $Q^{(2)}_m$ erhält, mit denen ebenso verfahren wird. Dieses Verfahren kann solange mit streckenabschnittseinfachkonjunkten Zweifachabschnittsteilsequenzen $Q^{(2)}_m$ fortgeführt werden, bis die Restmenge keine Zweifachabschnittsteilsequenz $Q^{(2)}_m$ mehr enthält.

In einer abschließenden Schritt kann die Datenverarbeitungseinrichtung 50 ermitteln, ob in der Menge an ausgewählten Zweifachabschnittsteilsequenzen $Q^{(2)}_m$ zwei oder mehrere Zweifachabschnittsteilsequenzen $Q^{(2)}_m$ enthalten sind, die gemäß einer Vorgänger-Nachfolger-Beziehung ihrer jeweiligen Streckenabschnitte A_i, A_{i+1} im Streckenabschnittsnetz G unmittelbar aneinander anschließen. Derartige $q/2$ -tupel von Zweifachabschnittsteilsequenzen $Q^{(2)}_m$ können dann zu einem q_m -tupel von q_m Kandidaten-Streckenabschnitten $A_i, \dots, A_{i+q_m-1}$ zusammengefasst werden.

Anstatt im zweiten Folgeschritt eine Beschränkung auf die kürzesten Teilsequenzen durchzuführen, welche nur zwei Streckenabschnitte aufweisen, kann zunächst eine Beschränkung auf Gruppen von Teilsequenzen erfolgen, die auch längere Teilsequenzen umfassen, um für diese Teilmenge, die Zweifachabschnittsteilsequenzen $Q^{(2)}_m$, Dreifachabschnittsequenzen $Q^{(3)}_m$ und längere Teilsequenzen $Q^{(p)}_m$ enthält, die durch Eliminierung von noch längeren Teilsequenzen $Q^{(q)}_m$ mit $q > p$, gegebenenfalls neu entstandenen streckenabschnittsdisjunkten Mehrfachabschnittssequenzen $Q^{(p)}_m$ zu bestimmen. Diese Schritt Kombination kann mehrfach hintereinander durchgeführt werden, indem die maximale Länge der in der Restmenge verbleibenden Teilsequenzen sukzessive reduziert wird.

[0063] Zum anderen kann die Datenverarbeitungseinrichtung 50 ausgebildet sein, die Ermittlung von streckenabschnittsdisjunkten Teilsequenzen Q_m gebietsweise auf dem Streckenabschnittsnetz G durchzuführen. Dabei kann zur Vereinfachung gemäß einer Split-Bedingung bestimmt sein, dass eine Konsolidierung von Streckenabschnitten über einen Verzweigungsknoten ausgeschlossen wird, das heißt, dass q_m -tupel von identifizierten Kandidaten-Streckenabschnitten $A_i, \dots, A_{i+q_m-1}$ sich nicht über einen Verzweigungsknoten erstrecken dürfen (Mehrfachabschnittssequenzen, in denen Verzweigungsknoten allenfalls als terminierenden Knoten auftreten, werden im Folgenden als verzweigungsknotenfrei angesehen).

Dazu kann die Datenverarbeitungseinrichtung 50 zunächst ausgebildet sein, diejenigen bestimmten vollständigen verzweigungsknotenhaltigen Mehrfachabschnittsequenzen M_l , die zwischen wenigstens einem an unmittelbar aufeinander folgenden Streckenabschnitten und A_{i+1} einen Verzweigungsknoten aufweisen, zu verzweigungsknotenfreien verzweigungsknotenterminierten Mehrfachabschnittsequenzen (d. h. Mehrfachabschnittsequenzen, in denen Verzweigungsknoten, ausschließlich als terminierende Knoten auftreten) zu zerlegen, wobei gegebenenfalls dabei entstehende frei werdende verzweigungsknotenterminierte Einzelabschnittsequenzen für eine spätere Verwendung gespeichert bleiben.

Damit liegen von der ursprünglichen Menge an Mehrfachstreckenabschnitten M_l nur noch solche zur Bestimmung von Teilsequenzen Q_m vor, die zwischen allen ihren jeweils zwei unmittelbar im Streckenabschnittsnetz aufeinanderfolgenden Streckenabschnitten nur Durchgangsknoten, jedoch keinen Verzweigungsknoten aufweisen. Eine längste verzweigungsknotenfreie Mehrfachabschnittsequenz Q_m zwischen zwei, einem ersten und einem zweiten, unmittelbar benachbarten Verzweigungsknoten auf einer Seite einer geschlossenen Masche im Streckenabschnittsnetz G beginnt folglich mit dem ersten Verzweigungsknoten und endet mit dem zweiten Verzweigungsknoten. Eine solche längste Sequenz von C unmittelbar aufeinander folgenden Streckenabschnitten $A_i, \dots, A_{i+C-1}$ zwischen zwei unmittelbar benachbarten Verzweigungsknoten einer Masche im Streckenabschnittsnetz G kann als maximale Maschenseitensequenz bezeichnet werden. Eine geschlossene Masche mit X Verzweigungsknoten weist für jede ihrer X Maschenseiten, entsprechende Fahrspuren F_k vorausgesetzt, eine solche maximalen Maschenseitensequenz auf. Diese Betrachtung ist analog auf Maschenseiten offener Maschen anzuwenden, die nur einseitig in einem Verzweigungsknoten enden.

[0064] Die Datenverarbeitungseinrichtung ist 50 ausgebildet, anschließend für jede Maschenseite beginnend einem, durch den ersten Verzweigungsknoten terminierten, ersten Streckenabschnitt A_1 und sukzessive fortschreitend in Richtung des letzten zweiten Verzweigungsknotens A_{1+C-1} der Maschenseite die Mehrfachstreckenabschnitte M_l der betreffenden Maschenseite darauf zu prüfen, ob, und wenn ja, wie viele von ihnen die Streckenabschnitte A_1 und A_2 aufweisen. Die entsprechende Vielfachheit (oder absolute Häufigkeit) des Auftretens dieser Streckenabschnittskombination in der Multimenge der Mehrfachstreckenabschnitte M_l sei H_1 . Anschließend wird geprüft, ob, und wenn ja, wie viele der Mehrfachstreckenabschnitte M_l die Streckenabschnitte A_2 und A_3 aufweisen (Häufigkeit H_2) und so fort. Schließlich liegt beispielsweise eine Häufigkeitsverteilung $H_1, \dots, H_{1+C-2}$ einer Menge von abwechselnd einfach streckenabschnittskonjunkten Zweiabschnittsteilsequenzen vor, von denen streckenabschnittsdisjunkte als Teilsequenzen mit Kandidaten-Streckenabschnitten A_i, A_{i+1} identifiziert werden sollen. Hierfür kommen maximal nur jede zweite der einfach streckenabschnittskonjunkten Zweiabschnittsteilsequenzen in Frage.

Dazu ist die Datenverarbeitungseinrichtung 50 ausgebildet, zunächst diejenige erste Zweiabschnittsteilsequenz zu identifizieren, die mit der größten Häufigkeit auftritt. Anschließend identifiziert sie als zweite Zweiabschnittsteilsequenz diejenige, die nach der ersten Zweiabschnittsteilsequenz mit der nächstgrößten Häufigkeit auftritt, ohne mit der ersten Zweiabschnittsteilsequenz streckenabschnittskonjunkt zu sein. Danach wird diejenige dritte Zweiabschnittsteilsequenz identifiziert, die von allen übrigen, sowohl mit der ersten als auch mit der zweiten Zweiabschnittsteilsequenz streckenabschnittsdisjunkten Zweiabschnittsteilsequenzen mit der größten Häufigkeit auftritt, und so fort.

Schließlich liegt für jede Maschenseite des Streckenabschnittsnetzes G ein Satz von mehreren streckenabschnittsdisjunkten Kandidaten-Streckenabschnittspaaren A_i, A_{i+1} vor, die zu einem Streckenabschnitt B_m kombiniert werden können.

[0065] Es auch ist vorteilhaft, nur solche Teilsequenzen mit Kandidaten-Streckenabschnitten $A_i, \dots, A_{i+q_m-1}$ zu identifizieren, zwischen denen in keiner oder in nur relativ wenigen Fahrspuren an einem Knoten aus dem zweiten Netz aufgefahren und/ oder an einem Knoten in das zweite Netz abgefahren wird.

[0066] Dazu ist die Datenverarbeitungseinrichtung 50 ausgebildet, für jede bestimmte Teilsequenz Q_m ihre Vielfachheit H_m (d. h. die Anzahl ihres Auftretens in der Multimenge der vollständigen Mehrfachabschnittsequenzen M_l zu bestimmen und die relative Häufigkeit $h_m^{(M)}$ durch Division ihrer Vielfachheit H_m durch die Summe aus ihrer Vielfachheit H_m und der Anzahl H_M des Auftretens von Mehrfachabschnittsequenzen $M^{(M)}_l$ ist, die zumindest einen ersten Kandidaten-Streckenabschnitt A_i der Teilsequenz Q_m aufweisen und zumindest einen zweiten Kandidaten-Streckenabschnitt $A_j, j \neq i$, der Teilsequenz Q_m nicht aufweisen:

$$h_m^{(M)} = \frac{H_m}{H_m + H_M}$$

[0067] Im Falle der Durchführung des Verfahrensschrittes der Zerlegung von verzweigungsknotenhaltigen Mehrfachabschnittsequenzen M_l zu verzweigungsknotenfreien verzweigungsknotenterminierten Mehrfachabschnittsequenzen, bei der verzweigungsknotenterminierte Einzelabschnittsequenzen entstehen, zählt die Menge dieser verzweigungsknotenterminierten Einzelabschnittsequenzen gemeinsam mit der Menge der verzweigungsknotenfreien Mehrfachabschnittsequenzen zu der Gruppe der Sequenzen, aus der die Anzahl H_M des Auftretens von Sequenzen ermittelt wird, die zumindest einen ersten Kandidaten-Streckenabschnitt A_i der Teilsequenz Q_m aufweisen und zumindest einen zweiten

Kandidaten-Streckenabschnitt A_j , $j \neq i$, der Teilsequenz Q_m nicht aufweisen, wobei vorausgesetzt wird, dass die zweite Bedingung für Einzelabschnittssequenzen immer erfüllt ist.

[0068] Alternativ kann die Datenverarbeitungseinrichtung 50 ausgebildet sein, zusätzlich zu der Multimenge der vollständigen Mehrfachabschnittssequenzen M_i aus den Fahrspuren F_k auch die Multimenge der verschiedenen Einzelabschnittssequenzen E_i mit ihren jeweiligen Vielfachheiten d_i zu bestimmen, die ebenfalls in dem Sinne vollständig sind, dass die Sequenz mit der Zufahrt auf einen ersten Streckenabschnitt A_i aus dem zweiten Netz beginnt und mit der Abfahrt von dem ersten Streckenabschnitt A_i in das zweite Netz endet.

Die kombinierte Multimenge der Multimenge der der vollständigen Mehrfachabschnittssequenzen M_i und der vollständigen Einzelabschnittssequenzen E_i wird als Trajektorien-Multimenge $\{T\}_d$ bezeichnet, die Menge der verschiedenen vollständigen Mehrfachabschnittssequenzen M_i und vollständigen Einzelabschnittssequenzen E_i Trajektorienmenge $\{T\}$, deren Trajektorien $T_n = M_i, E_i$ mit Vielfachheiten d_i, d_i (allgemein als Trajektorienvielfachheiten d_T bezeichnet) auftreten.

In diesem Fall ist die Datenverarbeitungseinrichtung 50 ausgebildet, die relative Häufigkeit des Auftretens einer Teilsequenz zu der Trajektorien-Multimenge $\{T\}_d$ in Bezug zu setzen, indem die relative Häufigkeit $h_m^{(T)}$ des Auftretens einer Teilsequenz Q_m der Quotient aus ihrer Vielfachheit H_m und der Summe aus ihrer Vielfachheit H_m und der Anzahl H_T des Auftretens von Trajektorien $T^{(m)}$ ist, die zumindest einen ersten Kandidaten-Streckenabschnitt A_i der Teilsequenz Q_m aufweisen und zumindest einen zweiten Kandidaten-Streckenabschnitt A_j , $j \neq i$, der Teilsequenz Q_m nicht aufweisen, wobei die zweite Bedingung für die Multi-Teilmenge der vollständigen Einzelabschnittssequenzen immer erfüllt ist:

$$h_m^{(T)} = \frac{H_m}{H_m + H_T}$$

[0069] Die Datenverarbeitungseinrichtung 50 ist beispielsweise ausgebildet, nur diejenigen Teilsequenzen Q_m auszuwählen, deren relative Häufigkeit $h_m^{(T)}$ gleich 1 ist, was bedeutet, dass in keiner Fahrspur F_k zwischen zwei Kandidaten-Streckenabschnitten A_i und A_{i+1} dieser Teilsequenz Q_m aus dem zweiten Netz in das erste Netz aufgefahen oder aus dem ersten Netz in das zweite Netz abgefahen wird.

Alternativ ist die Datenverarbeitungseinrichtung 50 ausgebildet, nur diejenigen Teilsequenzen Q_m auszuwählen, deren relative Häufigkeit $h_m^{(T)}$ größer als eine vorgegebenen Mindesthäufigkeit $h_{\min} < 1$ ist, was bedeutet, dass nur in einem Anteil $1 - h_m^{(T)}$ derjenigen Fahrspuren F_k , die einen Streckenabschnitt A_i der Teilsequenz Q_m enthalten, die Sequenz der befahrenen Abschnitte in der Teilsequenz Q_m unterbrochen wird.

[0070] Im Anschluss an die Bestimmung einer Auswahl von identifizierten Kandidaten-Streckenabschnitten $A_i, \dots, A_{i+q_m-1}$ von Teilsequenzen Q_m konsolidiert der zentrale Prozessor 51 der Datenverarbeitungseinrichtung 50 das ursprüngliche Streckenabschnittsnetz G zu einem neuen Streckenabschnittsnetz G' , dessen neue Streckenabschnitte S_z zusammen mit neuen Vorgänger-Nachfolger-Beziehungen dieser neuen Streckenabschnitte S_z im ersten zentralen Speicher 57a ablegt. S ist dabei ein allgemeiner Bezeichner sowohl für aus Teilsequenzen Q_m mehrerer Kandidaten-Streckenabschnitte $A_i, \dots, A_{i+q_m-1}$ konsolidierte Streckenabschnitte B_m als auch für einzelne Streckenabschnitte A_v , die keine Kandidaten-Streckenabschnitte $A_i, \dots, A_{i+q_m-1}$ einer Teilsequenz Q_m sind, aber dennoch Streckenabschnitte des neuen Streckenabschnittsnetzes G' (und auch des ursprünglichen Streckenabschnittsnetzes G) sind.

[0071] Im unteren Teil von Fig. 2 wird für dem im gestrichelten Ausschnitt des ursprünglichen Streckenabschnittsnetzes G (oberer linker Teil von Fig. 2) anhand einer kartenähnlichen Wiedergabe einer Teilmenge der Menge $\{S\}$ von neuen Streckenabschnitten S_z ausschnittsweise ein neues Streckenabschnittsnetz G' dargestellt, welches nach der zuvor genannten Split-Bedingung unter der Maßgabe einer Befahrungshäufigkeit $h_m^{(T)}$ der Teilsequenzen von mehr als 90% erzeugt wurde und neben von jeweils zu einem gemeinsamen Streckenabschnitt B_m kombinierten Kandidaten-Streckenabschnitten $A_i, \dots, A_{i+q_m-1}$ als neue Streckenabschnitte S_z auch nicht kombinierte Streckenabschnitte A_v des ursprünglichen Streckenabschnittsnetzes G enthält. Dabei sind zur Veranschaulichung kombinierter Streckenabschnitte B_m und nicht kombinierter Streckenabschnitte A_v auch die Knoten N_k des ursprünglichen Streckenabschnittsnetzes G dargestellt.

Beispielsweise sind von den sieben ursprünglichen Streckenabschnitten A_i in jeder Fahrtrichtung auf der Autobahn A24 zwischen den Verzweigungsknoten zur A19 nach Rostock und zur A14 nach Schwerin in Fahrtrichtung von Berlin nach Hamburg vier ursprüngliche Streckenabschnitte zu einem neuen Streckenabschnitt B_{717} kombiniert worden und zwei ursprüngliche Streckenabschnitte zu einem neuen Streckenabschnitt B_{718} kombiniert worden, während ein Abschnitt A_{719} aus dem ursprünglichen Streckenabschnittsnetz G im neuen Streckenabschnittsnetz G' erhalten geblieben ist. In Fahrtrichtung von Hamburg nach Berlin blieb ein ursprünglicher Streckenabschnitt A_{114} erhalten, während sechs ursprüngliche Streckenabschnitte zu einem neuen Streckenabschnitt B_{113} kombiniert wurden.

Dies kann man so interpretieren, dass am Knoten N_{717} zwischen B_{717} und B_{718} (Anschlussstelle Suckow) in Richtung Hamburg häufiger ab- oder aufgefahen wurde als in Richtung Berlin. In beide Richtungen wurde relativ häufig am Knoten N_{718} zwischen den Streckenabschnitten B_{718} und A_{719} beziehungsweise A_{114} und B_{113} (Anschlussstelle Neu-

stadt-Glewe) ab- oder aufgefahren. Häufige Ab und/ oder Auffahrten wirken streckenabschnittverschmelzungsverhindernd, weil sie die relative Befahrungshäufigkeit ihrer Teilsequenzen Q_m senken.

[0072] Die Streckenabschnitte A_{1027} , A_{1028} und A_{1029} erfüllten mangels einer hinreichenden absoluten Befahrungshäufigkeit von weniger als 100 nicht das Kriterium, um als Teil von Trajektorien in die Trajektorien-Multimenge $\{T\}_d$ aufgenommen zu werden. Diese Streckenabschnitte A_{1027} , A_{1028} und A_{1029} bleiben unverändert auch im neuen Streckenabschnittnetz G' erhalten, dessen Anzahl von ursprünglichen Streckenabschnitten A_i und kombinierten Streckenabschnitten B_m nur noch $R' = 1124$ gegenüber $R = 8539$ von ursprünglichen Streckenabschnitten A_i im ursprünglichen Streckenabschnittnetz G beträgt.

IDENTIFIZIERUNG VON KANDIDATEN-STRECKENABSCHNITTEN - ZWEITES AUSFÜHRUNGSBEISPIEL

[0073] Dem zweiten Ausführungsbeispiel liegt die beim ersten Ausführungsbeispiel beschriebene Trajektorien-Multimenge $\{T\}_d$ der Trajektorien T_n von vollständigen Mehrfachabschnittssequenzen M_i und vollständigen Einfachabschnittssequenzen E_i in ihren jeweiligen Vielfachheiten d_i und d_i zugrunde, mit der ihre Befahrungen gemäß der Menge an Fahrspuren $\{F\}$ erfolgten.

Im Rahmen der Erfindung stellt sich für diese Trajektorien-Multimenge $\{T\}_d$ die erste Frage, welche Streckenabschnitte $A_i, \dots, A_{i+q_m-1}$ von mehrfach in den Mehrfachabschnittssequenzen M_i auftretenden Teilsequenzen Q_m zu neuen Streckenabschnitten B_m zusammenzulegen sind, um bei einer Vorgabe der resultierenden Anzahl an $R' < R$ verschiedenen Streckenabschnitten S_z , die aus ursprünglichen Streckenabschnitten $A_i, \dots, A_{i+q_m-1}$ kombinierte Streckenabschnitten B_m sowie optional ursprüngliche Streckenabschnitte A_i der Einfachabschnittssequenzen E_i sind, eines neuen Streckenabschnittsnetzes G' mit der Streckenabschnittsmenge $\{S\}$ an verschiedenen Streckenabschnitten S_z eine maximale Anzahl an vollständigen Befahrungen der Streckenabschnitte S_z zu erzielen.

Dies entspricht der Maßgabe eines für die Benutzung von Streckenabschnitten geschaffenen Abgabesystems Gebühren nur für diejenigen Mehrfachabschnittssequenzen zu erheben, von denen jeder Streckenabschnitt im Zuge einer Fahrspur konsekutiv befahren wurde.

Eine alternative, zweite Frage könnte lauten, welche Streckenabschnitte A_i der verschiedenen Trajektorien T_n zu neuen, konsolidierten Streckenabschnitten B_m zusammenzulegen sind, um bei einer Vorgabe der resultierenden Anzahl an $R' < R$ verschiedenen Streckenabschnitten S_z die aus ursprünglichen Streckenabschnitten A_i kombinierte Streckenabschnitte B_m sowie gegebenenfalls ursprüngliche Streckenabschnitte sind, eines neuen Streckenabschnittsnetzes G' eine maximale Anzahl an vollständigen und teilweisen Befahrungen der Streckenabschnitte S_z zu erzielen.

Dies entspräche der Maßgabe eines für die Benutzung von Streckenabschnitten geschaffenen Abgabesystems Steuern oder Beiträge für alle diejenigen Mehrfachabschnittssequenzen zu erheben, von denen wenigstens ein Streckenabschnitt im Zuge einer Fahrspur befahren wurde.

Zur Beantwortung der ersten Frage dient beispielsweise das Auffinden des Maximalwertes der Nutzenfunktion

$$u(\{S\}) = \sum_{S \in \{P\}} x_S \sum_{T \in \{T\}} d_T \cdot p_S^{(T)}$$

unter der ersten Nebenbedingung

$$\sum_{S \in \{P\}} x_S = R',$$

wobei die Streckenabschnitts- und Trajektorienindices der Übersichtlichkeit weggelassen wurden und wobei $\{P\}$ die Menge aller möglichen Streckenabschnittssequenzen (mathematisch: Pfade) P_m im neuen Streckenabschnittsnetz G' ist, x ein Binärvektor der Dimension $|\{P\}|$ ist, für den gilt

$$x_S = \begin{cases} 1, & S \in \{S\} \\ 0, & S \notin \{S\} \end{cases}$$

d_T die Vielfachheit der jeweiligen Trajektorie T_n (Vielfachheiten d_i der Mehrfachabschnittssequenzen M_i und Vielfachheiten d_i der Einzelabschnittssequenzen E_i) bedeutet und für den Parameter

$$p_s^{(T)} = \begin{cases} 1, & S \subseteq T \\ 0, & S \not\subseteq T \end{cases}$$

bestimmt ist, dass er verlangt, dass ein neuer Streckenabschnitt S_z in einer Trajektorie T_n vollständig enthalten ist. Der Parameter $p_s^{(T)}$ legt damit fest, dass nur vollständig in einer Trajektorie T_n befahrene neue Streckenabschnitte S_z in der Nutzenfunktion gezählt werden.

Alternativ kann für den Parameter $p_s^{(T)}$ auch bestimmt sein, dass er verlangt, dass ein neuer Streckenabschnitt S_z in einer vorgegebenen Anzahl von mehreren Trajektorien T_n der Trajektorien-Multimenge $\{T\}_d$ und/ oder mehreren verschiedenen Trajektorien T_n der Trajektorienmenge $\{T\}$ vollständig enthalten ist.

[0074] Für die Beantwortung der zweiten Frage würde der Parameter $p_s^{(T)}$ durch einen Parameter

$$p_A^{(T)} = \begin{cases} 1, & A \in S: A \subseteq T \\ 0, & A \in S: A \not\subseteq T \end{cases}$$

ersetzt werden, der verlangt, dass zumindest ein Streckenabschnitt A_i eines neuen Streckenabschnitts S_z in einer Trajektorie enthalten ist. Der alternative Parameter $p_A^{(T)}$ legt damit fest, dass neue Streckenabschnitt S_z so oft in der Nutzenfunktion gezählt werden, wie einer ihrer Streckenabschnitte A_i in einer Trajektorie T_n enthalten ist.

[0075] Eine zusätzliche zweite Nebenbedingung

$$\sum_{S \in \{P\}: A \in S} x_S \leq 1 \quad \forall A \in \{A\}$$

stellt bei beiden Fragen sicher, dass jeder Streckenabschnitt A_i nur Streckenabschnitt eines einzigen neuen Streckenabschnitts S_z sein kann. Damit wird die Streckenabschnittsdisjunktheit der neuen Streckenabschnitte S_z und folglich auch die der Teilsequenzen Q_m gewährleistet. Die zweite Nebenbedingung gestaltet das neue Streckenabschnittsnetz G' insofern abgabegerecht, als dass eine teilweise Doppelvergebührung für Streckenabschnitte A_g einer konsekutiven Befahrung von sich in Streckenabschnitten A_g überlappenden Teilsequenzen Q_m (im neuen Streckenabschnittsnetz konsolidierten Streckenabschnitten B_m) ausgeschlossen wird.

[0076] Dabei stellt die Bedingung, dass die resultierende Anzahl R' an neuen Streckenabschnitten S_z des neuen Streckenabschnittsnetzes G' kleiner ist als die ursprüngliche Anzahl R an ursprünglichen Streckenabschnitten A_i des ursprünglichen Streckenabschnittsnetzes G , durch die Maximierungsforderung sicher, dass im Ergebnis nur diejenigen ursprünglichen Streckenabschnitte A_i Kandidaten-Streckenabschnitte $A_i, \dots, A_{i+q_m-1}$ für eine Verschmelzung zu einem konsolidierten Streckenabschnitt B_m einer Menge $\{S\}$ an neuen Streckenabschnitten S_z identifiziert werden, deren Mehrfachabschnittssequenzen M_i in der Trajektorien-Multimenge $\{T\}_d$ mit einer Vielfachheit von d_i von größer als 1 auftritt.

[0077] Einer weiteren Optimierung zugrunde gelegt werden kann eine Nutzenfunktion $u(\{S\})$, die die neuen Streckenabschnitte S_z mit einem Gewicht $w^{(S)}_z$ versieht, und zwar vorzugsweise in Abhängigkeit der Länge der ursprünglichen Streckenabschnitte A_i , die durch die neuen Streckenabschnitte S_z in Form von aus ursprünglichen (Kandidaten-) Streckenabschnitten A_i kombinierten Streckenabschnitten B_m sowie gegebenenfalls ursprünglichen Streckenabschnitten A_v umfasst sind:

$$u(\{S\}) = \sum_{S \in \{P\}} w^{(S)} \cdot x_S \sum_{T \in \{T\}} d_T \cdot p_S^{(T)} - \sum_{S \in \{P\}} w_0 \cdot x_S$$

[0078] Dabei ist w_0 ein Eliminationsgewicht, das kleiner ist als jedes Gewicht $w^{(S)}_z$ eines jeden möglichen neuen Streckenabschnitts S_z und dafür sorgt, dass wegen des Parameters $p^{(T)}_s$ mangels Befahrung nicht in den ersten Summanden (Inklusionssummand) der Nutzenfunktion eingehende mögliche neue Streckenabschnitte S_z im zweiten Summanden (Exklusionssummand) mit einem negativen Nutzen belegt werden, der zu dem Ausschluss nicht befahrener Streckenabschnitte aus der Menge $\{S\}_{opt}$ der optimalen neuen Streckenabschnitte S_z führt.

Ist zum Beispiel das kleinste Gewicht $w^{(S)}_z$ das des kürzesten Streckenabschnittes 0,1, so kann w_0 beispielsweise 0,01 oder 0,001 betragen.

Die Länge eines Streckenabschnitts S_z als Gewicht $w^{(S)}_z$ ist in Gebührensystemen vorteilhaft, in denen eine Gebühr proportional zur Länge des befahrenen Streckenabschnitts S_z ist. Ein Gewicht von 0,1 kann beispielsweise der Länge eines Streckenabschnitts von 100 Metern entsprechen.

Durch die Verwendung der Gewichte $w^{(S)}_z$ ist selbst bei Erfüllung der Maximierungsforderung in diesem Fall nicht mehr

ohne Weiteres unbedingt gesichert, dass konsolidierte Streckenabschnitte B_m erfindungsgemäß Kandidaten-Streckenabschnitte $A_1, \dots, A_{i+q_m-1}$ mehrerer bestimmter Mehrfach-Streckenabschnitte identifizieren.

Zur Gewährleistung der Identifizierung erfindungsgemäßer Kandidaten-Streckenabschnitte $A_1, \dots, A_{i+q_m-1}$ ist die Datenverarbeitungseinrichtung 50 für derartige Fälle und alternativ grundsätzlich ausgebildet, nur diejenigen Mehrfachabschnittssequenzen M_i der Trajektorien-Multimenge $\{T\}_d$ hinzuzufügen, deren Vielfachheit d_i größer als 1 ist. Mehrfachabschnittssequenzen M_i deren Vielfachheit d_i gleich 1 ist, werden entweder in Einzelabschnittssequenzen E_k zerlegt und der Trajektorien-Multimenge $\{T\}_d$ als solche ebenso hinzugefügt wie Einzelabschnittssequenzen E_i , die nicht aus einer Zerlegung von Mehrfachabschnittssequenzen M_i stammen oder sie werden vollständig verworfen.

[0079] So wird in jedem Falle einer Optimierung durch die Datenverarbeitungseinrichtung eine nutzenmaximale Menge neuer Streckenabschnitte S_z bestimmt, deren konsolidierte Streckenabschnitte B_m Kandidaten-Streckenabschnitte $A_1, \dots, A_{i+q_m-1}$ identifiziert, die Teilsequenzen Q_m von mehreren der bestimmten Mehrfachabschnittssequenzen M_i der erfassten Fahrspuren F_k bilden.

[0080] Der untere Teil von Fig. 2 zeigt ausschnittsweise auch das neue Streckenabschnittsnetz G' dieses zweiten Ausführungsbeispiels, das für eine Anzahl von $R' = 1000$ Streckenabschnitten gebührenmaximal unter der Maßgabe ist, dass nur für vollständig befahrene Streckenabschnitte S_z , nicht jedoch für unvollständig befahrene Streckenabschnitte S_z , eine Gebühr anfällt, wobei zur Vereinfachung und Verkürzung des Optimierungsverfahrens unter der Split-Bedingung verfahren wurde.

[0081] Dass sich hier dasselbe Bild wie im ersten Ausführungsbeispiel ergibt, liegt an der Wahl der entsprechenden Parameter und an einer gegenüber dem ersten Ausführungsbeispiel unterschiedlichen Menge an Fahrspuren. Im Unterschied zum ersten Ausführungsbeispiel jedoch sind die mit A 1027, A 1028 und A 1029 mangels Befahrung keine Streckenabschnitte S_z des neuen Streckenabschnittsnetzes G' des zweiten Ausführungsbeispiels.

[0082] Um das Optimierungsverfahren noch weiter zu vereinfachen und zu verkürzen kann das Streckenabschnittsnetz G in Teilnetze G_p zerlegt werden und eine Optimierung für jedes Teilnetz G_p separat durchgeführt werden. Optimierte Teilnetze G'_p werden anschließend zu einem optimierten, neuen Streckenabschnittsnetz G' zusammengefasst.

ERZEUGUNG EINES NEUEN MAUTSYSTEMS

[0083] Aus jedem der beiden Ausführungsbeispiele liegt nun ein neues Streckenabschnittsnetz G' mit einer reduzierten Anzahl an neuen Streckenabschnitten S_z vor, deren Menge $\{S\}$ wenigstens einen aus Kandidaten-Streckenabschnitten $A_1, \dots, A_{i+q_m-1}$ konsolidierten Streckenabschnitt B_m umfasst.

Im Allgemeinen umfasst die Menge $\{S\}$ R' neue Streckenabschnitte S_z , von denen U konsolidierte Streckenabschnitte B_u sind und V ursprüngliche Streckenabschnitte A_v sind, so dass $R' = U + V$ gilt. Erfindungsgemäß ist $U > 0$, während $V = 0$ sein kann, wenn die Menge $\{S\}$ neuer Streckenabschnitte S_z nur konsolidierte Streckenabschnitte B_m umfasst.

Wie bereits beschrieben, ist jeder ursprüngliche Streckenabschnitt A_i jeweils mit wenigstens einem Geo-Objekt O_i assoziiert, das durch wenigstens eine vorbestimmte Position gekennzeichnet ist, und wenigstens eine Komponente des Mautsystems, beispielsweise ein Fahrzeuggerät 10 f und/ oder die zentrale Datenverarbeitungseinrichtung 50, ist ausgebildet, einen befahrenen Streckenabschnitt A_i durch Vergleich von wenigstens einer Fahrzeugposition, die durch ein Fahrzeuggerät 10 f erfasst und/ oder erzeugt wurde, mit wenigstens einem Geo-Objekt O_i , unter der Erkennungsbedingung zu ermitteln, dass wenigstens eine Fahrzeugposition hinreichend mit dem wenigstens einen Geo-Objekt O_i übereinstimmt.

Um für die Streckenabschnittserkennung in einem Mautsystem mit einem neuen Streckenabschnittsnetz G' geeignet zu sein, müssen den zur Streckenabschnittserkennung nötigen Geo-Objekten O_z der neuen Streckenabschnitte S_z neue Erkennungsregeln für konsolidierte Streckenabschnitte B_m zugeordnet werden, was nachfolgend beispielhaft erläutert wird.

Fig. 3a zeigt für jeden Streckenabschnitt A_i einer Sequenz von Kandidaten-Streckenabschnitten A_1, A_2 und A_3 jeweils ein Kandidaten-Geo-Objekt O_1, O_2 und O_3 jeweils in Form von Linien, die durch jeweils zwei vorbestimmte Positionen gekennzeichnet sind, nämlich einen Anfangspunkt und einen Endpunkt der Linie.

Alternative, nicht dargestellte, Geo-Objekte O_i können Kreise sein, die durch einen Mittelpunkt als (erste) vorbestimmte Position und einen Radius oder eine zweite vorbestimmte Position auf dem Rand des Kreises gekennzeichnet sind.

Eine hinreichende räumliche Übereinstimmung von zwei unmittelbar aufeinanderfolgenden Fahrzeugpositionen mit einem derartigen Linien-Geo-Objekt ist dann gegeben, wenn die Verbindungslinie der zwei unmittelbar aufeinanderfolgenden Fahrzeugpositionen (Fahrzeugpositionspaar) die Linie des Linien-Geo-Objekts schneidet.

Die Datenverarbeitungseinrichtung 50 ist ausgebildet, von den Kandidaten-Streckenabschnitten A_1, A_2 und A_3 jeweils das Kandidaten-Geo-Objekt des ersten Abschnittes der Sequenz (A_1) und das Kandidaten-Geo-Objekt des letzten Abschnittes der Sequenz (A_3) auszuwählen und die übrigen (in diesem Fall dasjenige des Abschnittes A_2) zu verwerfen.

[0084] Die Datenverarbeitungseinrichtung 50 ist ferner ausgebildet, die ausgewählten Kandidaten-Geo-Objekte O_1 und O_2 mit dem konsolidierten Streckenabschnitt B , im datentechnischen Sinne mit dessen Streckenabschnittserkennung, zu verknüpfen, wie in Fig. 3b dargestellt.

Des weiteren ist die Datenverarbeitungseinrichtung 50 ausgebildet, eine konsolidierte Erkennungsregel zu generieren, die die Bedingung dafür enthält, dass bei einer hinreichenden räumlichen Übereinstimmung von Fahrzeugpositionen mit einem oder mehreren der ausgewählten Kandidaten Geo-Objekte O_1 und O_2 der konsolidierte Streckenabschnitt B_1 als befahren gilt.

5 Für die Bildung einer konsolidierten Erkennungsregel gibt es mehrere Möglichkeiten:

10 Zum einen kann die konsolidierte Erkennungsregel lauten, dass die hinreichende räumliche Übereinstimmung mit wenigstens einem Kandidaten-Geo-Objekt (O_1 oder O_3) der konsolidierte Streckenabschnitt B_1 als befahren gilt. In diesem Fall gelten unabhängig davon, ob die übrigen Kandidaten-Streckenabschnitte (A_2 und A_3 beziehungsweise A_1 und A_2) auch befahren wurden, diese als befahren, was zu einer Erkennung der Befahrung des konsolidierten Streckenabschnitts B ausreicht.

Dabei kann auch auf eines der Kandidaten-Geo-Objekte (O_1 oder O_3) bereits bei der Auswahl der Kandidaten-Geo-Objekte verzichtet werden.

15 Zum anderen kann die konsolidierte Erkennungsregel lauten, dass nur bei der hinreichenden räumliche Übereinstimmung mit beiden Kandidaten-Geo-Objekt (O_1 und O_3) der konsolidierte Streckenabschnitt B_1 als befahren gilt, wenn zusätzlich die Bedingung erfüllt ist, dass der zwischen Fahrzeugpositionspaaren zurückgelegte Weg (messbar anhand der Fahrzeugpositionen, die zwischen den beiden Fahrzeugpositionspaaren erfasst wurden) kleiner ist als die Länge des konsolidierten Streckenabschnitts B, wodurch eine Nichtnutzung des Kandidatenabschnitts A_2 ausgeschlossen werden kann. In diesem Fall gilt der konsolidierte Streckenabschnitt B_1 nur dann als befahren, wenn alle Kandidaten-Streckenabschnitte (A_1 , A_2 und A_3) befahren wurden.

20 **[0085]** Bereitgestellt wird ein Mautsystem 70, das wenigstens eine Komponente (Fahrzeuggerät 10 f und/ oder Datenverarbeitungseinrichtung 50) umfasst, die ausgebildet ist, aus wenigstens einer Fahrspur wenigstens eines Fahrzeugs 30 f die Befahrung wenigstens eines konsolidierten Streckenabschnitts B des neuen Streckenabschnittsnetzes G' zu erkennen.

25 Die Datenverarbeitungseinrichtung 50 ist ausgebildet, die ausgewählten Kandidaten-Geo-Objekte O_1 und O_3 verknüpft mit konsolidierten Streckenabschnitten und konsolidierten Erkennungsregeln an wenigstens ein Fahrzeuggerät 20 f zu versenden, welches infolge des Empfangs der ausgewählten Kandidaten-Geo-Objekte verknüpft mit konsolidierten Streckenabschnitten und konsolidierten Erkennungsregeln konfiguriert wird, anhand von durch das Fahrzeuggerät 20 f erzeugten oder erfassten Fahrzeugpositionen die Befahrung des konsolidierten Streckenabschnitts B zu erkennen. Alternativ oder optional ist die Datenverarbeitungseinrichtung 50 ausgebildet, die ausgewählten Kandidaten-Geo-Objekte O_1 und O_3 verknüpft mit konsolidierten Streckenabschnitten und konsolidierten Erkennungsregeln im ersten zentralen Speicher 57a zu speichern und anhand der ausgewählten Kandidaten-Geo-Objekte O_1 und O_3 unter Anwendung der konsolidierten Erkennungsregel aus wenigstens einer Fahrspur wenigstens eines Fahrzeugs die Befahrung wenigstens des konsolidierten Streckenabschnitts B des neuen Streckenabschnittsnetzes G' zu erkennen.

Bezugszeichenliste

[0086]

- 40
- 10_f Fahrzeuggerät
 - 11_f Fahrzeuggerät-Prozessor.
 - 12_f GNSS-Positionsbestimmungsmodul
 - 13_f Mobilfunk-Sendeempfänger (fahrzeugseitig)
 - 45 16_f Arbeitsspeicher
 - 17_f Daten-Schreib-Lese-Speicher
 - 30_f Fahrzeug
 - 40 Mobilfunknetz
 - 50 zentrale Datenverarbeitungseinrichtung
 - 50 51 zentraler Prozessor
 - 53 zentrale Kommunikationseinrichtung
 - 56 zentraler Arbeitsspeicher
 - 57a erster zentraler Daten-Schreib-Lese-Speicher
 - 57b zweiter zentraler Daten-Schreib-Lese-Speicher
 - 55 58 Mautzentrale
 - 70 Mautsystem

A_i ursprünglicher Streckenabschnitt eines ursprünglichen Streckenabschnittsnetzes G

A_v	neuer Streckenabschnitt eines neuen Streckenabschnittsnetzes G' , der ursprünglicher Streckenabschnitt A_i ist
B_m	neuer, aus mehreren ursprünglichen Kandidaten-Streckenabschnitten $A_i, \dots, A_{i+q_m-1}$ kombinierter, ("konsolidierter") Streckenabschnitt eines neuen Streckenabschnittsnetzes G'
d_i	Vielfachheit von Mehrfachabschnittssequenz M_i
5 d_m	Vielfachheit von Teilsequenz Q_m
d_i	Vielfachheit von Einfach/ Einzelabschnittssequenz E_i
E_i	Einfach-/ Einzelabschnittssequenz, jeweils bestehend aus einem Streckenabschnitt A_i
F_k	Fahrspur aus Fahrzeugpositionen eines Fahrzeugs 30_f
G	ursprüngliches Streckenabschnittsnetz
10 G'	neues Streckenabschnittsnetz
H_m	absolute Häufigkeit, Anzahl des Auftretens einer Teilsequenz Q_m mehrerer ursprünglicher Kandidaten-Streckenabschnitte $A_i, \dots, A_{i+q_m-1}$
K	Anzahl von Fahrspuren
L	Anzahl verschiedener Mehrfachabschnittssequenzen M_i
15 L_d	Gesamtanzahl an in ihrer jeweiligen Vielfachheit d_i auftretenden verschiedenen Mehrfachabschnittssequenzen M_i
M_i	(vollständige) Mehrfachabschnittssequenz von befahrenen Streckenabschnitten A einer Fahrspur F_k
N_k	Knoten (Anschlussstelle) zwischen zwei Streckenabschnitten A_i und A_{i+1} oder zwei neuen Streckenabschnitten S_z und S_{z+1}
20 O_i	Geo-Objekt eines ursprünglichen Streckenabschnitts A_i
O_z	Geo-Objekt eines neuen Streckenabschnitts S_z
P_m	Mögliche Streckenabschnittssequenz (Pfad) im neuen Streckenabschnittsnetzes G'
q_m	Anzahl von Kandidaten-Streckenabschnitten $A_i, \dots, A_{i+q_m-1}$ einer Teilsequenz Q_m
Q_m	Teilsequenz mehrerer Mehrfachabschnittssequenzen M_i
25 R	Anzahl ursprünglicher Streckenabschnitten A_i im ursprünglichen Streckenabschnittsnetz G
R'	neue Anzahl neuer Streckenabschnitte S_z im ursprünglichen Streckenabschnittsnetz G'
S_z	neuer Streckenabschnitt B_m oder A_v des neuen Streckenabschnittsnetzes G'
T_n	Trajektorie in Form von vollständigen Mehrfach- und Einzelabschnittssequenzen
U	Anzahl konsolidierter Streckenabschnitte B_m im neuen Streckenabschnittsnetzes G'
30 V	Anzahl ursprünglicher Streckenabschnitte A_v im neuen Streckenabschnittsnetzes G'
w_0	Eliminationsgewicht
$W^{(S)}_z$	Gewicht eines neuen Streckenabschnitts S_z
Y	Anzahl an Streckenabschnitten, um die das ursprüngliche Streckenabschnittsnetz G mittels der Ersetzung von Kandidaten-Streckenabschnitten $A_i, \dots, A_{i+q_m-1}$ durch kombinierte Streckenabschnitte B_m im neuen Streckenabschnittsnetz G' reduziert wird
35	

Patentansprüche

- 40 1. Datenverarbeitungseinrichtung (50), die ausgebildet ist,
- ein Streckenabschnittsnetz (G) mit einer Anzahl R von Streckenabschnitten (A_i) mit Vorgänger-Nachfolger-Beziehungen von ersten Streckenabschnitten (A_i) zu zweiten Streckenabschnitten ($A_j, j \neq i$) im Streckenabschnittsnetz (G) bereitzustellen,
 - 45 - mehrere Fahrspuren (F_k) zumindest eines Fahrzeugs (30_f) über jeweils einen oder mehrere Streckenabschnitte (A_i) des Streckenabschnittsnetzes (G) zu erfassen,
 - eine Menge an Trajektorien (T_n) mit jeweils wenigstens einem Streckenabschnitt (A_i) aus den erfassten Fahrspuren (F_k) zu bestimmen, die mehrere Mehrfachabschnittssequenzen (M_i) mit mehreren, jeweils von einem Fahrzeug (30_f) in unmittelbarer Folge befahrenen, Streckenabschnitten (A_i, A_{i+1}), die bedingt durch eine Vorgänger-Nachfolger-Beziehung oder mehrere Vorgänger-Nachfolger-Beziehungen des Streckenabschnittsnetzes (G) im Streckenabschnittsnetz (G) unmittelbar aufeinander folgen, umfasst
 - 50
- und
- 55 - wenigstens ein q_m -tupel ($q_m > 1$) von mehreren unmittelbar im Streckenabschnittsnetz (G) aufeinander folgenden Kandidaten-Streckenabschnitten ($A_i, \dots, A_{i+q_m-1}$) zu identifizieren, die eine Teilsequenz (Q_m) von q unmittelbar aufeinander folgend befahrenen Streckenabschnitten ($A_i, \dots, A_{i+q_m-1}$) von mehreren der bestimmten Mehrfachabschnittssequenzen (M_i) der erfassten Fahrspuren (F_k) bilden.

2. Datenverarbeitungseinrichtung (50) nach Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet, dass** die Fahrspuren (F_k) Fahrzeugpositionen des durch das jeweilige Fahrzeug (30_f) im Streckenabschnittsnetz (G) zurückgelegten Weges umfasst und die Datenverarbeitungseinrichtung (50) ausgebildet ist,
- 5 - die befahrenen Streckenabschnitte (A_i) durch Vergleich von Fahrzeugpositionen der jeweiligen Fahrspur (F_k) zumindest mit durch wenigstens eine vorbestimmte Position gekennzeichneten Geo-Objekten (O_i), die mit jeweils einem Streckenabschnitt (A_i) assoziiert sind, unter der Erkennungsbedingung zu ermitteln, dass wenigstens eine der Fahrzeugpositionen hinreichend mit dem jeweiligen Geo-Objekt (O_i) übereinstimmt.
- 10 3. Datenverarbeitungseinrichtung (50) nach einem der vorhergehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** das Streckenabschnittsnetz (G) ein erstes Netz übergeordneter Straßen repräsentiert und Zufahrten aus einem zweiten Netz untergeordneter Straßen an dem Beginn von zumindest einigen Streckenabschnitten (A_i) und Abfahrten in das zweite Netz untergeordneter Straßen an dem Ende von zumindest einigen Streckenabschnitten (A_j) aufweist, und die Datenverarbeitungseinrichtung (50) ausgebildet ist,
- 15 eine Menge an Trajektorien (T_n) mit jeweils wenigstens einem Streckenabschnitt (A_i) aus den erfassten Fahrspuren (F_k) zu bestimmen, die als Mehrfachabschnittssequenzen vollständige Mehrfachabschnittssequenzen (M_i) umfasst, die mit der Zufahrt auf einen ersten Streckenabschnitt (A_i) aus dem zweiten Netz beginnen und mit der Abfahrt von einem zweiten Streckenabschnitt (A_j , $j \neq i$) in das zweite Netz enden und
- 20 als wenigstens ein q_m -tupel ($q_m > 1$) von mehreren unmittelbar im Streckenabschnittsnetz aufeinander folgenden Kandidaten-Streckenabschnitten ($A_i, \dots, A_{i+q_m-1}$) ein solches zu identifizieren, das eine Teilsequenz (Q_m) von q unmittelbar aufeinander folgend befahrenen Streckenabschnitten ($A_i, \dots, A_{i+q_m-1}$) von mehreren der bestimmten vollständigen Mehrfachabschnittssequenzen (M_i) der erfassten Fahrspuren (F_k) aufweist.
- 25 4. Datenverarbeitungseinrichtung (50) nach einem der vorhergehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** das Streckenabschnittsnetz (G) ein erstes Netz übergeordneter Straßen repräsentiert und Zufahrten aus einem zweiten Netz untergeordneter Straßen an dem Beginn von zumindest einigen Streckenabschnitten (A_i) und Abfahrten in das zweite Netz untergeordneter Straßen an dem Ende von zumindest einigen Streckenabschnitten (A_j) aufweist, und die Datenverarbeitungseinrichtung (50) ausgebildet ist,
- 30 eine Menge an Trajektorien (T_n) mit jeweils wenigstens einem Streckenabschnitt (A_i, A_j) aus den erfassten Fahrspuren (F_k) zu bestimmen, die zusätzlich zu den Mehrfachabschnittssequenzen (M_i) Einzelabschnittssequenzen (E_i) von Streckenabschnitten (A_i) umfasst, die jeweils mit der Zufahrt auf einen Streckenabschnitt (A_i) aus dem zweiten Netz beginnen und mit der Abfahrt von demselben Streckenabschnitt (A_i) in das zweite Netz enden und
- 35 als wenigstens ein q_m -tupel ($q_m > 1$) von mehreren unmittelbar im Streckenabschnittsnetz aufeinander folgenden Kandidaten-Streckenabschnitten ($A_i, \dots, A_{i+q_m-1}$) ein solches zu identifizieren, das eine Teilsequenz (Q_m) von q_m unmittelbar aufeinander folgend befahrenen Streckenabschnitten ($A_i, \dots, A_{i+q_m-1}$) von mehreren der bestimmten Mehrfachabschnittssequenzen (M_i) der erfassten Fahrspuren (F_k) aufweist, ohne einen Streckenabschnitt (A_i) einer Einzelabschnittssequenz (E_i) zu umfassen.
- 40 5. Datenverarbeitungseinrichtung (50) nach einem der vorhergehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** die Datenverarbeitungseinrichtung (50) ausgebildet ist,
- 45 eine Menge an Trajektorien (T_n) mit jeweils wenigstens einem Streckenabschnitt (A_i) aus den erfassten Fahrspuren (F_k) zu bestimmen, die nur solche Mehrfachabschnittssequenzen (M_i) umfasst, die verzweigungsknotenfrei in der Hinsicht sind, dass zwischen keinem Paar an unmittelbar aufeinander folgenden Streckenabschnitten (A_i, A_{i+1}) einer verzweigungsknotenfreien Mehrfachabschnittssequenz (M_i) ein Verzweigungsknoten vorliegt, wobei die Datenverarbeitungseinrichtung (50) ferner ausgebildet ist,
- 50 von verzweigungsknotenhaltigen Mehrfachabschnittssequenzen verzweigungsknotenterminierte Mehrfachabschnittssequenzen abzutrennen, welche sie als verzweigungsknotenfreie Mehrfachabschnittssequenzen (M_i) zur Menge der Trajektorien (T_n) hinzufügt.
- 55 6. Datenverarbeitungseinrichtung (50) nach einem der vorhergehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** die Datenverarbeitungseinrichtung (50) ausgebildet ist,
- eine Zielfunktion derjenigen Teilmengen ($\{S\}$) einer Ausgangsmenge von in der bestimmten Menge an Trajektorien (T_n) enthaltenen verschiedenen Teilsequenzen (Q_m) zu maximieren, die wenigstens eine vorgegebene Nebenbedingung erfüllen.
7. Datenverarbeitungseinrichtung (50) nach Anspruch 6 **dadurch gekennzeichnet, dass** die Datenverarbeitungseinrichtung (50) ausgebildet ist,

eine Zielfunktion derjenigen Teilmengen $\{S\}$ einer Ausgangsmenge von in der bestimmten Menge an Trajektorien T_n enthaltenen verschiedenen Teilsequenzen (Q_m) und Einzelabschnittsequenzen (E_i) zu maximieren, die die erste Nebenbedingung erfüllen, dass eine vorgegebene Anzahl von verschiedenen Teilsequenzen (Q_m) und Einzelabschnittsequenzen (E_i) einer Teilmenge $\{S\}$ nicht überschritten wird, und die zweite Nebenbedingung erfüllen, dass die Einzelabschnittsequenzen (E_i) und Teilsequenzen (Q_m) disjunkt sind.

8. Datenverarbeitungseinrichtung (50) nach einem der Ansprüche 6 bis 7 **dadurch gekennzeichnet, dass** Teilsequenzen (Q_m) und Einzelabschnittsequenzen (E_i) in Abhängigkeit von ihrer jeweiligen Vielfachheit (d_m, d_i), mit der sie in der bestimmten Menge an Trajektorien (T_n) auftreten, in die Zielfunktion eingehen.

9. Datenverarbeitungseinrichtung (50) nach einem der Ansprüche 6 bis 8 **dadurch gekennzeichnet, dass** Teilsequenzen (Q_m) und Einzelabschnittsequenzen (E_i) in Abhängigkeit von einem jeweiligen ihnen zugeordneten Gewicht (w_m, w_i) in die Zielfunktion eingehen.

10. Datenverarbeitungseinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** die Datenverarbeitungseinrichtung ausgebildet ist,

- aus dem Streckenabschnittsnetz (G) ein neues Streckenabschnittsnetz (G') mit einer wenigstens um q_m-1 gegenüber der ursprünglichen Anzahl R reduzierten Anzahl R' an neuen Streckenabschnitten (S_z) einer Menge ($\{S\} = A_1, \dots, A_{R-q_m}, B_m$) von neuen Streckenabschnitten (S_z) zu erzeugen, wobei sie identifizierte Kandidaten-Streckenabschnitte ($A_i, \dots, A_{i+q_m-1}$) wenigstens einer Teilsequenz (Q_m) zu wenigstens einem konsolidierten Streckenabschnitt (B_m) zusammenfasst.

11. Datenverarbeitungseinrichtung nach Anspruch 10 **dadurch gekennzeichnet, dass** die Datenverarbeitungseinrichtung ausgebildet ist,

- Geo-Objekte (O_i), die jeweils durch wenigstens eine vorbestimmte Position gekennzeichnet sind und jeweils mit einem Streckenabschnitt (A_i) assoziiert sind, jeweils zusammen mit einer Erkennungsregel bereitzustellen, die besagt, dass die hinreichende Übereinstimmung wenigstens einer Fahrzeugposition mit wenigstens einem der Geo-Objekte (O_i) einer Befahrung des mit dem diesem wenigstens einen Geo-Objekt (O_i) assoziierten Streckenabschnitts (A_i) entspricht, und
- von Kandidaten-Geo-Objekten ($O_i, \dots, O_{i+q_m-1}$) identifizierter Kandidaten-Streckenabschnitte ($A_i, \dots, A_{i+q_m-1}$) wenigstens eines mit dem konsolidierten Streckenabschnitt (B_m) unter Bildung einer konsolidierten Erkennungsbedingung zu assoziieren.

12. Mautsystem (70) mit wenigstens einer Datenverarbeitungseinrichtung (50) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

gekennzeichnet durch mehrere Fahrzeugeinrichtungen (10_f), die ausgebildet sind, Fahrspuren (F_k) eines jeweiligen Fahrzeugs (30_f), von dem sie mitgeführt werden, aufzuzeichnen und aufgezeichnete Fahrspuren (F_k) an die Datenverarbeitungseinrichtung (50) zu senden, wobei die Datenverarbeitungseinrichtung (50) ausgebildet ist, die gesendeten Fahrspuren (F_k) zu erfassen, indem sie sie empfängt.

13. Verfahren zur Reduzierung der Komplexität eines Streckenabschnittsnetzes (G) mit den Schritten der

- Bereitstellung eines Streckenabschnittsnetzes (G) einer Anzahl R von Streckenabschnitten (A_i) mit Vorgänger-Nachfolger-Beziehungen von ersten Streckenabschnitten (A_i) zu zweiten Streckenabschnitten ($A_j, j \neq i$) im Streckenabschnittsnetz (G),
- Erfassung von mehreren Fahrspuren (F_k) zumindest eines Fahrzeugs (30_f) über jeweils einen oder mehrere Streckenabschnitte (A_i) des Streckenabschnittsnetzes (G),
- Bestimmung einer Menge an Trajektorien (T_n) mit jeweils wenigstens einem Streckenabschnitt (A_i) aus den erfassten Fahrspuren (F_k), die mehrere Mehrfachabschnittssequenzen (M_i) mit mehreren, jeweils von einem Fahrzeug (30_f) in unmittelbarer Folge befahrenen, Streckenabschnitten (A_i, A_{i+1}) die bedingt durch eine Vorgänger-Nachfolger-Beziehung oder mehrere Vorgänger-Nachfolger-Beziehungen des Streckenabschnittsnetzes (G) im Streckenabschnittsnetz (G) unmittelbar aufeinander folgen, umfasst und
- Identifizierung wenigstens eines q -tupels ($q > 1$) von mehreren unmittelbar im Streckenabschnittsnetz (G) aufeinander folgenden Kandidaten-Streckenabschnitten ($A_i, \dots, A_{i+q_m-1}$), die eine Teilsequenz (Q_m) von q_m unmittelbar aufeinander folgend befahrenen Streckenabschnitten ($A_i, \dots, A_{i+q_m-1}$) von mehreren der bestimmten

Mehrfachabschnittsequenzen (M_l) der erfassten Fahrspuren (F_k) bilden.

14. Verfahren nach Anspruch 13 **gekennzeichnet durch** den Schritt der

- 5 - Erzeugung eines neuen Streckenabschnittsnetzes (G') aus dem Streckenabschnittsnetz (G) mit einer wenigstens um q_m-1 gegenüber der Anzahl R reduzierten neuen Anzahl R' an neuen Streckenabschnitten (S_z) einer Menge ($\{S\} = A_1, \dots, A_{R-q_m}, B_m$) von neuen Streckenabschnitten (S_z) **durch** Zusammenfassung identifizierter Kandidaten-Streckenabschnitte ($A_i, \dots, A_{i+q_m-1}$) wenigstens einer Teilsequenz (Q_m) zu wenigstens einem konsolidierten Streckenabschnitt (B_m).

10 15. Verfahren nach Anspruch 14 **gekennzeichnet durch** die Schritte der

- Erstellung wenigstens einer Erkennungsregel zur Erkennung der Befahrung des wenigstens einen konsolidierten Streckenabschnitts (B_m) und
- 15 - Erkennung der Befahrung wenigstens eines der neuen Streckenabschnitte ($A_1, \dots, A_{R-q_m}, B_m$) des neuen Streckenabschnittsnetzes (G') aus wenigstens einer Fahrzeugposition wenigstens eines Fahrzeugs.

20

25

30

35

40

45

50

55

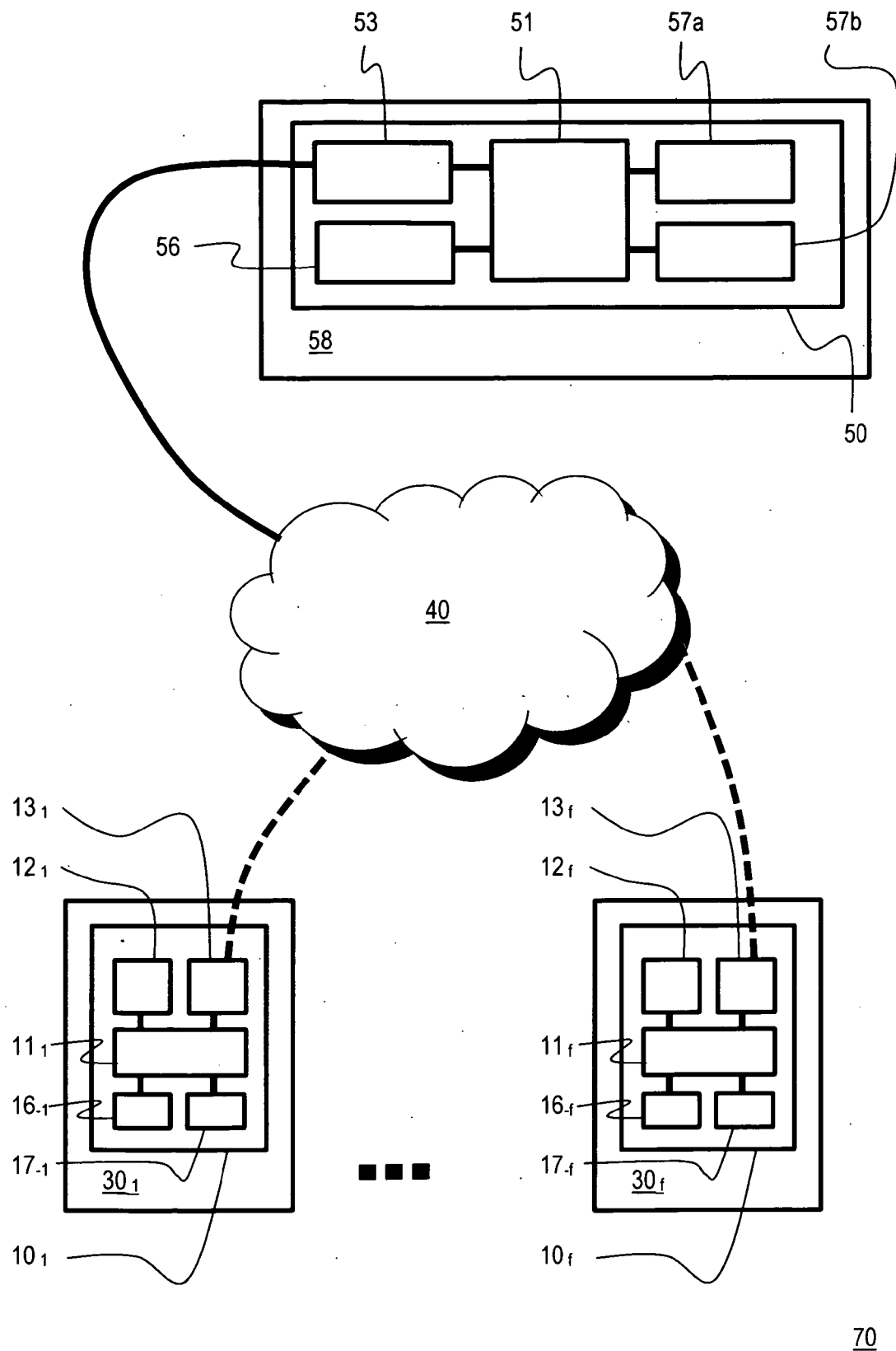


Fig. 1

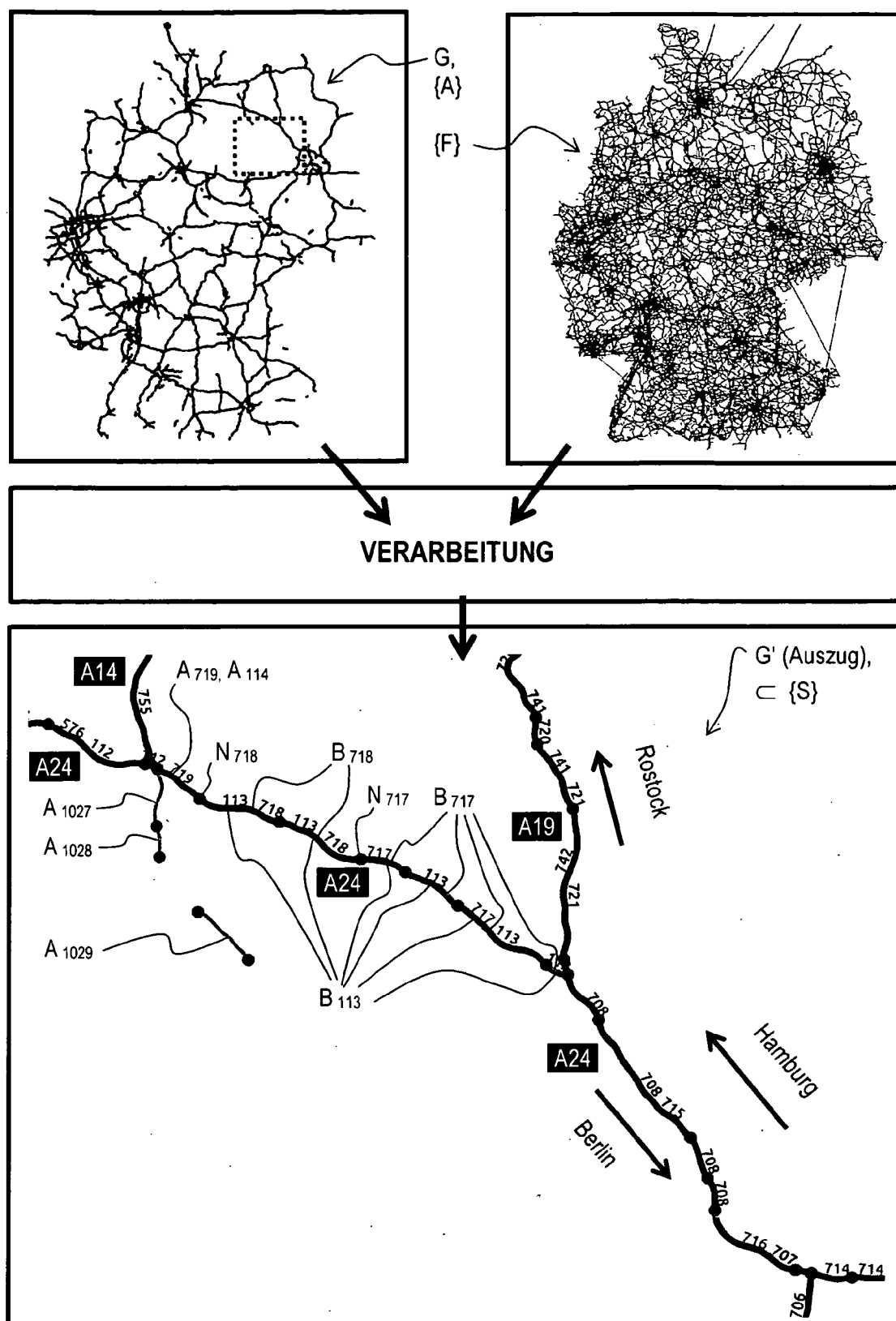


Fig. 2

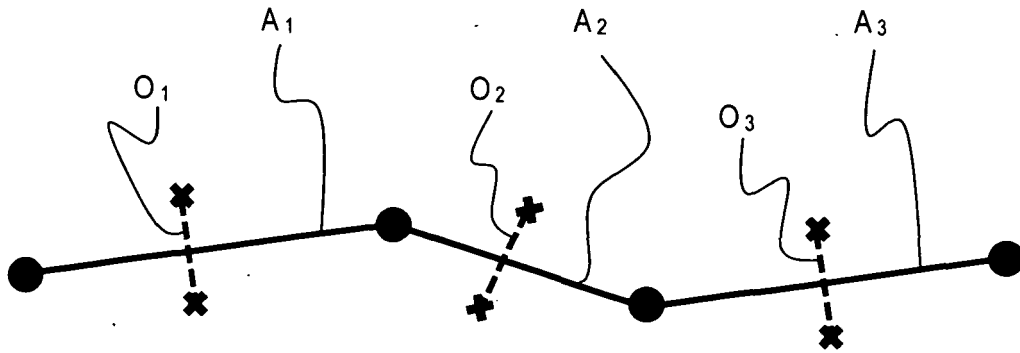


Fig. 3a

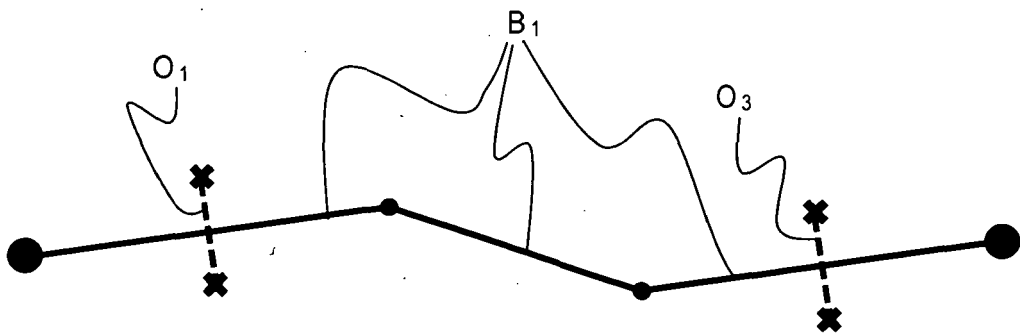


Fig. 3b



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 16 00 2069

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 2 854 111 A1 (TOLL COLLECT GMBH [DE]) 1. April 2015 (2015-04-01) * Zusammenfassung * * Absatz [0005] - Absatz [0012] * * Absatz [0038] * * Absatz [0056] * * Absatz [0066] * * Ansprüche 1,4,6 * * Abbildung 1 *	1-15	INV. G07B15/06 G06Q10/04 G06Q50/30
X	EP 1 659 550 A2 (DAIMLER AG [DE]) 24. Mai 2006 (2006-05-24) * Zusammenfassung * * Absatz [0002] - Absatz [0004] * * Absatz [0010] - Absatz [0012] * * Absatz [0042] * * Anspruch 1 * * Abbildung 2 *	1-15	
X	EP 1 811 480 A1 (GMV AEROSPACE AND DEFENCE S A [ES]) 25. Juli 2007 (2007-07-25) * Zusammenfassung * * Absatz [0094] * * Ansprüche 12,14 * * Abbildungen 1,2 *	1-15	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) G07B G06Q
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 15. März 2017	Prüfer Post, Katharina
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 16 00 2069

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

15-03-2017

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	EP 2854111	A1	01-04-2015	KEINE	

15	EP 1659550	A2	24-05-2006	AT 421743 T	15-02-2009
				DE 102004055992 A1	14-06-2006
				EP 1659550 A2	24-05-2006

20	EP 1811480	A1	25-07-2007	AT 389222 T	15-03-2008
				DE 602006000702 T2	26-03-2009
				DK 1811480 T3	14-07-2008
				EP 1811480 A1	25-07-2007
				ES 2302317 T3	01-07-2008
				PT 1811480 E	23-05-2008
				SI 1811480 T1	30-06-2008
25				US 2007216364 A1	20-09-2007

30					
35					
40					
45					
50					
55					

EPO FORM P0461

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