



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 37 116 T2 2008.06.12**

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 1 149 344 B1

(21) Deutsches Aktenzeichen: 699 37 116.3

(86) PCT-Aktenzeichen: PCT/US99/28973

(96) Europäisches Aktenzeichen: 99 967 224.9

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: WO 2000/034874

(86) PCT-Anmeldetag: 08.12.1999

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: 15.06.2000

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 31.10.2001

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: 12.09.2007

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 12.06.2008

(51) Int Cl.⁸: **G06F 13/00 (2006.01)**

G06F 15/00 (2006.01)

G06F 17/00 (2006.01)

G01C 21/34 (2006.01)

G09B 29/00 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

208709 10.12.1998 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,
LI, LU, MC, NL, PT, SE

(73) Patentinhaber:

Tele Atlas North America, Inc., Menlo Park, Calif.,
US

(72) Erfinder:

SURANYI, Joseph Edward, Union City, CA 94587,
US

(74) Vertreter:

Hössle Kudlek & Partner, Patentanwälte, 70173
Stuttgart

(54) Bezeichnung: **Abkürzungsgenerator**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingereicht, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung zielt auf ein System zum Erzeugen und Hinzufügen von Abkürzungen zu einer elektronischen Karte.

[0002] Der Computer hat die Idee einer Karte von einem Bild, das Orte statisch anzeigt, hin zu der elektronischen Karte revolutioniert, welche aus mit geographischen Verweisen versehenen elektronischen Daten besteht, die ein physikalisches, soziales oder ökonomisches System quantifizieren. Die Menge an Informationen, die in elektronischen Karten enthalten sind, ist unbegrenzt. Zum Beispiel kann eine elektronische Straßenkarte Entfernungen zwischen Elementen, die Fahrzeit, Grundstücksnummern, Gebühreninformationen, Touristeninformationen, die Verarbeitungszeit, die Wartezeit und dergleichen enthalten. Außerdem erlaubt das Speichern einer Karte in Form einer oder mehrerer intelligenter Datendateien auf einem Computer unbeschränkte Software-Anwendungen zum Manipulieren dieser Daten.

[0003] Ein Vorteil der elektronischen Karte besteht darin, dass sie verschiedenen Abschnitten der Karte zugeordnete Aufwände bzw. Belastungen bzw. Kosten speichert, bestimmen und nutzen kann. Die Kosten sind jeweils eine Variable, die minimiert oder maximiert werden kann. Beispiele von Kosten umfassen Zeit, Entfernung, bezahlte Gebühren, Leichtigkeit des Wendens, Qualität der Landschaft und dergleichen. Kosten sind typischerweise als Ganzzahlen dargestellt. Manchmal können Kosten als reelle Zahlen oder Nicht-Standard-Zahlen dargestellt sein. Zusätzliche Informationen über Kosten und Nicht-Standard-Zahlen sind zu finden im US-Patent Nr. 5.893.081, "Using Multiple Levels Of Costs For A Pathfinding Computation", eingereicht am 25. November 1996.

[0004] Elektronische Karten können zur Wegfindung verwendet werden, was einem Verfahren zur Berechnung einer Reiseroute zwischen einem Ausgangspunkt und einem Ziel entspricht. Einige Systeme berechnen empfohlene Reiserouten und führen den Fahrer durch Hervorheben der empfohlenen Reiseroute auf einer Kartenanzeige, oder durch Angeben von Richtungen von Abzweigung zu Abzweigung (über Papier, Anzeige oder Ton), oder beides. Wenn ein Wegfindungssystem eine empfohlene Reiseroute zu einem Ziel berechnet, bewerkstelligt es dies durch Finden der bevorzugten Reiseroute gemäß bestimmter spezifizierter Kriterien. Diese Kriterien können vom Fahrer spezifiziert werden, oder können zum Zeitpunkt der Herstellung als Vorgaben festgelegt worden sein. Häufig wird ein System verwendet, um einen Weg zu finden, der bestimmte Kosten, wie z. B. die Fahrzeit, minimiert (oder maximiert).

[0005] Eine elektronische Karte, die für die Wegfindung verwendet wird, muss Informationen über den Zusammenhang eines Straßennetzes enthalten, d. h. Informationen über die Art, wie Straßenabschnitte miteinander verbunden sind, oder nicht, wo z. B. gewöhnliche Kreuzungen sind, wo Überführungen sind, wo Abbiegebeschränkungen sind und dergleichen. Für eine Fläche irgendeines signifikanten Ausmaßes ist dies eine sehr große Menge an Informationen. Eine elektronische Karte enthält zig oder Hunderte von Megabytes an Daten. Um solche enormen Datenmengen ökonomisch zu halten und einem Benutzer zu erlauben, Karten leicht durch aktualisierte Kopien zu ersetzen, verwenden viele aktuelle Wegfindungsvorrichtungen (die Universalcomputer mit Wegfindungs-Software, Kraftfahrzeugnavigationssysteme oder andere Kartenanwendungsgeräte umfassen) CD-ROMs zum Speichern der elektronischen Kartendaten.

[0006] Da ein Wegfindungsprozess eine große Datenmenge sortieren muss, kann der Prozess langsam sein. Ein Mittel zum Beschleunigen des Wegfindungsprozesses besteht darin, Prioritätsniveaus zu verwenden. Die Verwendung von Prioritätsniveaus ermöglicht ferner, dass der Wegfindungsprozess einen Weg in einer ähnlichen Weise findet, wie Menschen den Wegfindungsprozess bewerkstelligen, so dass der endgültige Weg dem von einem Menschen bestimmten Weg ähnlich ist. Ein Weg ähnlich einem vom Menschen bestimmten Weg macht den Weg leichter verständlich und benutzerfreundlicher.

[0007] Wenn ein Weg auf einer Karte aus Papier manuell gefunden wird, identifiziert ein Benutzer typischerweise den Ausgangspunkt und das Ziel. Der Benutzer wird durch örtliche Straßen navigieren, um zu einer Hauptstraße zu gelangen, wie z. B. einer Zubringer- oder Fernverkehrsstraße. Der Benutzer wird anschließend über Hauptstraßen navigieren, um eine Schnellstraße zu finden. Der Weg wird weiter auf Schnellstraßen festgelegt, bis die Schnellstraßenausfahrt gefunden ist, die dem Ziel am nächsten ist. An diesem Punkt wird der Benutzer anschließend über Hauptstraßen navigieren, um so nah wie möglich an das Ziel zu gelangen. Schließlich wird der Benutzer einen Weg vom nächstliegenden Punkt auf einer Hauptstraße zu dem Ziel unter Verwendung von örtlichen Straßen finden. Somit benutzt der Benutzer von Natur aus Prioritätsniveaus. Das heißt, ein Prioritätsniveau könnte die örtlichen Straßen umfassen, ein zweites Prioritätsniveau könnte die Hauptstraßen umfassen, und ein drittes Prioritätsniveau könnte die Schnellstraßen umfassen. An einem Punkt

während des Wegfindungsprozesses navigiert der Benutzer durch örtliche Straßen. An einem zweiten Punkt navigiert der Benutzer nur durch Hauptstraßen und/oder Schnellstraßen. An einem dritten Punkt navigiert der Benutzer nur durch Schnellstraßen, usw. Dieser Prozess ist effizienter, da dann, wenn der Benutzer zu allen Zeitpunkten alle Straßen betrachtet, zu viele Daten zu berücksichtigen wären und der Weg wahrscheinlich nicht der effizienteste Weg wäre.

[0008] Um einen brauchbaren Weg effizient zu finden, verwendet ein Wegfindungssystem ebenfalls Prioritätsniveaus. Verschiedene Wegfindungssysteme unterteilen die unterschiedlichen Straßentypen in unterschiedliche Niveaus. Ob das System drei Niveaus, vier Niveaus, fünf Niveaus, sechs Niveaus und dergleichen verwendet, ist für die vorliegende Diskussion nicht unbedingt von Bedeutung. Tabelle 1 zeigt ein Beispiel eines Systems, das die Straßen in sechs Prioritätsniveaus unterteilt.

TABELLE 1

Straßentyp	Priorität
Gasse	0
örtlich	1
Zubringer	2
Fernstraße	3
weniger wichtige Schnellstraße	4
wichtige Schnellstraße	5

[0009] Wie deutlich wird, unterteilt Tabelle 1 die unterschiedlichen Straßen in sechs Straßentypen: Gassen, örtliche Straßen, Zubringerstraßen, Fernverkehrsstraßen, weniger wichtige Schnellstraßen und wichtigere Schnellstraßen.

[0010] Jedem Straßentyp ist eine Priorität zugewiesen. In einem Wegfindungssystem wird dann, wenn das System einen Weg von einem Ausgangspunkt zu einem Ziel bestimmt, das System beginnen, indem es eine Wegfindungserkundung vom Ausgangspunkt und vom Ziel ausgehend gleichzeitig durchführt, wobei Straßen mit der Priorität 1 und darüber berücksichtigt werden. Diese Wegfindungserkundung wird fortgesetzt, bis Aufstiegskriterien erfüllt worden sind. Die Aufstiegskriterien enthalten drei Sätze von Kriterien. Das erste Kriterium ist eine Aufstiegsschwelle. Die Aufstiegsschwelle stellt Kosten dar. Wenn die Kosten der Fahrt vom Ausgangspunkt zu einem berücksichtigten Knoten (oder vom Knoten zum Ziel) größer sind als die Aufstiegsschwelle, dann wurde die Aufstiegsschwelle erfüllt. Das zweite Kriterium besteht darin, dass eine minimale Anzahl von Knoten bei niedrigerer Priorität (oder einer höheren) in der Erkundung erreicht worden sein müssen. Das dritte Kriterium besteht darin, dass eine minimale Anzahl von Knoten bei der höheren Priorität (oder einer höheren) in der Erkundung erreicht worden sein müssen. Wenn z. B. vom der Prioritätsniveau 1 zum Niveau 2 aufgestiegen wird, ist das Prioritätsniveau 1 die niedrigere Priorität und das Prioritätsniveau 2 die höhere Priorität. Die Aufstiegskriterien wurden erfüllt, wenn alle drei Kriterien erfüllt worden sind.

[0011] Ein Beispiel eines Satzes von Aufstiegsschwellen ist im Folgenden in Tabelle 2 dargestellt. Zum Beispiel listet die erste Zeile die Kosten in Millisekunden auf, die die Aufstiegsschwelle für den Aufstieg der Erkundung vom Niveau 0 (und darüber) zum Niveau 1 (und darüber) repräsentieren.

TABELLE 2

Prioritätsniveaus für Aufstieg	Aufstiegsschwelle (Kosten in Millisekunden)
0	0
0 bis 1	10000
1 bis 2	10000
2 bis 3	120000
3 bis 4	300000
4 bis 5	600000

[0012] Ein Beispielsatz von Werten für die zweiten und die dritten Aufstiegskriterien sind in Tabelle 3 darge-

stellt.

TABELLE 3

Niveau für Aufstieg	Minimale Anzahl Knoten bei von niedrigerer Priorität (oder höherer)	Minimum bei höherer Priorität (oder höher)
0 bis 1	20	1
1 bis 2	20	20
2 bis 3	30	30
3 bis 4	40	40
4 bis 5	50	25

[0013] Nach Erfüllen der Aufstiegeskriterien zur Erkundung bei einem Prioritätsniveau 1 und darüber setzt das System den Wegfindungsprozess fort, indem es nur Straßen mit der Priorität 2 und darüber berücksichtigt, bis die zweiten Aufstiegskriterien erfüllt sind. Nach Erreichen der zweiten Aufstiegskriterien fährt das System mit der Erkundung der elektronischen Karte fort, wobei es jedoch nur Straßen mit dem Prioritätsniveau 3 und darüber berücksichtigt, bis die dritten Aufstiegskriterien erreicht werden. Nach Erfüllen der dritten Aufstiegskriterien fährt das System mit der Erkundung durch die elektronische Karte fort, während es nur Knoten des Prioritätsniveaus 4 und darüber berücksichtigt, bis die vierten Aufstiegskriterien erreicht werden. Nach Erfüllen der vierten Aufstiegskriterien setzt das System die Erkundung der elektronischen Karte fort, während nur Straßen mit dem Prioritätsniveau 5 berücksichtigt werden.

[0014] Eine Verbesserung, die an einigen Wegfindungssystemen des Standes der Technik vorgenommen wurde, die Prioritätsniveaus verwenden, wie oben beschrieben worden ist, besteht darin, Abkürzungen einzugliedern, die den Wegfindungsprozess beschleunigen, dabei helfen, bessere Wege zu erzeugen, und dabei helfen, Wege zu erzeugen, die eher wie ein Weg sind, der von einem Menschen unter Verwendung einer Papierkarte erzeugt würde. Einige Systeme des Standes der Technik, die Abkürzungen in elektronischen Karten nutzen, greifen auf Menschen zurück, die Abkürzungen manuell zu der elektronischen Kartendatenbank hinzufügen. Dieser Prozess ist langsam, mühsam und ineffizient.

[0015] Andere Systeme des Standes der Technik nutzen Computer, um Abkürzungen automatisch zu erzeugen. Diese Systeme haben jedoch darunter gelitten, dass die von den Computern erzeugten Abkürzungen tendenziell Wege enthielten, die für den Verbraucher nicht nützlich waren. Das heißt, obwohl eine geeignete Abkürzung erzeugt worden ist, die die Anforderungen des besonderen Verfahrens erfüllt hat, existierte eine bessere Abkürzung oder ein Weg, der nützlicher ist als die erzeugte Abkürzung. Viele Benutzer greifen auf ein Wegfindungssystem zurück, da sie vom System erwarten, dass es den kürzesten möglichen Weg in einer sehr kurzen Zeitspanne findet. Benutzer sind von der Leistungsfähigkeit eines Systems enttäuscht, wenn ein Benutzer sich in einer Umgebung befindet, mit der er vertraut ist, und das System eine Abkürzung ermittelt, die länger ist als eine dem Benutzer des Wegfindungssystems bekannte Abkürzung.

[0016] EP 0803708, EP 0679867, EP 0854353 offenbaren alle Verfahren der Reiseroutensuche in einem Fahrzeugnavigationssystem.

[0017] WO 98/24034 offenbart die Verwendung mehrerer Kostenniveaus in einer Wegfindungsberechnung, so dass ein Benutzer auswählen kann, ein oder mehrere Elemente zu vermeiden.

[0018] Es ist daher ein System erforderlich, das automatisch Abkürzungen zu einer elektronischen Kartendatenbank hinzufügen kann, so dass die Abkürzungen, die hinzugefügt werden, nützliche und effiziente Abkürzungen sind.

[0019] Die Erfindung schafft dementsprechend ein Verfahren des Hinzufügens von Abkürzungen zu einer elektronischen Karte, das die Schritte umfasst:

Speichern eines Satzes von Knoten und Verbindungen der elektronischen Karte, wobei den Verbindungen Verbindungsrioritäten zugeordnet sind; und

Erkunden von den Knoten nach außen unter Verwendung eines Prozessors, wobei der Schritt des Erkundens das Bestimmen, welche Knoten nicht nützlich sind, einschließt;

Erzeugen neuer Verbindungsrioritäten für einen Satz der Verbindungen, die während des Erkundens durch-

laufen wurden und nicht bei einem als nicht nützlich bestimmten Knoten enden; Aufbauen von zusammengesetzten Verbindungen, wobei die zusammengesetzten Verbindungen eine oder mehrere Verbindungen mit den neuen Verbindungsrioritäten enthalten; und Speichern der zusammengesetzten Verbindungen in der elektronischen Karte, wobei die zusammengesetzten Verbindungen die Abkürzungen repräsentieren.

[0020] Gemäß einem bevorzugten Aspekt schafft die Erfindung ein Verfahren zum Hinzufügen von Abkürzungen zu einer elektronischen Karte, das die Schritte umfasst:
 Zuweisen von Knotenprioritäten zu Knoten in der elektronischen Karte; wobei die Knoten durch Verbindungen verbunden sind, wobei die Verbindungen Verbindungsrioritäten haben;
 Erkunden von dem Knoten nach außen unter Verwendung eines Prozessors;
 Speichern einer oder mehrerer Wende-Angaben für Wege, die während des Erkundens durchlaufen werden und die ein Wenden enthalten;
 Erzeugen neuer Verbindungsrioritäten für einen Satz von Verbindungen auf Wegen, die während der Erkundung durchlaufen wurden, wobei der Schritt des Erzeugens neuer Verbindungsrioritäten nicht Wege berücksichtigt, denen gespeicherte Wende-Angaben zugeordnet sind;
 Erzeugen neuer Knotenprioritäten für eine Menge der Knoten, die durch eine oder mehrere der Verbindungen mit einer neuen Verbindungsriorität verbunden sind;
 Erstellen von zusammengesetzten Verbindungen;
 Speichern der neuen Knotenprioritäten in der elektronischen Karte; und
 Speichern der zusammengesetzten Verbindungen in der elektronischen Karte, wobei die zusammengesetzten Verbindungen die Abkürzungen repräsentieren.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0021] [Fig. 1](#) ist ein Blockdiagramm, das zeigt, wie der Abkürzungsgenerator der vorliegenden Erfindung verwendet wird.

[0022] [Fig. 2](#) ist ein Blockdiagramm, das zeigt, wie die Ausgabe des Abkürzungsgenerators verwendet werden kann.

[0023] [Fig. 3](#) ist ein Beispiel eines Abschnitts eines gerichteten Graphen, der einen Teil einer elektronischen Karte repräsentiert.

[0024] [Fig. 4](#) ist ein zweites Beispiel eines Abschnitts eines gerichteten Graphen, der einen Teil einer elektronischen Karte repräsentiert.

[0025] [Fig. 5](#) ist ein drittes Beispiel eines Abschnitts eines gerichteten Graphen, der einen Teil einer elektronischen Karte repräsentiert.

[0026] [Fig. 6](#) ist ein vierter Beispiel eines Abschnitts eines gerichteten Graphen, der einen Teil einer elektronischen Karte repräsentiert.

[0027] [Fig. 7](#) ist ein Flussdiagramm, das ein beispielhaftes Verfahren zum Finden eines Weges in einer elektronischen Karte oder einem anderen Graphen beschreibt.

[0028] [Fig. 8](#) ist ein Flussdiagramm, das die Operation des Abkürzungsgenerators beschreibt.

[0029] [Fig. 9A](#) und [Fig. 9B](#) enthalten ein Flussdiagramm, das das Verfahren der Durchführung des Schritts 350 (Arbeiten auf aktuellem Niveau) der [Fig. 8](#) beschreibt.

[0030] [Fig. 10](#) ist ein Flussdiagramm, das das Verfahren der Durchführung des Schritts 406 (Erkunden ausgehend von einem ausgewählten Knoten) der [Fig. 9A](#) beschreibt.

[0031] [Fig. 11](#) ist ein Flussdiagramm, das das Verfahren der Durchführung des Schritts 514 (Prüfen der Nützlichkeit) der [Fig. 10](#) beschreibt.

[0032] [Fig. 12](#) ist ein Flussdiagramm, das das Verfahren der Durchführung des Schritts 416 (Zurückverfolgung) der [Fig. 9A](#) beschreibt.

[0033] [Fig. 13A](#) ist ein Flussdiagramm, das das Verfahren der Durchführung des Schritts **420** (Bestimmen aktueller Prioritäten für jeden ausgewählten Knoten) der [Fig. 9B](#) beschreibt.

[0034] [Fig. 13B](#) zeigt einen Knoten mit vier Vorwärtsverbindungen, der verwendet wird, um bei der Erläuterung der [Fig. 13A](#) zu helfen.

[0035] [Fig. 13C](#) zeigt einen Knoten mit drei Vorwärtsverbindungen, der verwendet wird, um bei der Erläuterung der [Fig. 13A](#) zu helfen.

[0036] [Fig. 14](#) ist ein Blockdiagramm eines beispielhaften Hardware-Systems zur Implementierung eines Abkürzungsgenerators und/oder eines Wegfindungssystems.

GENAUE BESCHREIBUNG

[0037] [Fig. 1](#) ist ein Blockdiagramm, das zeigt, wie der Abkürzungsgenerator der vorliegenden Erfindung verwendet wird. [Fig. 1](#) zeigt einen Abkürzungsgenerator **22**, der eine Eingabe empfängt und eine Ausgabe zur Verfügung stellt. Die Eingabe enthält Original-Kartendaten **20**, während die Ausgabe erweiterte Kartendaten **24** enthält. Die Original-Kartendaten **20** sind eine Sammlung aus einer oder mehreren Dateien, die eine Kartendatenbank bilden. Weitere Einzelheiten einer Kartendatenbank werden im Folgenden erläutert. Die Original-Kartendatenbank **20** kann vom Abkürzungsgenerator **22** mittels Modem, E-Mail, Datenübertragung, Zeigern, Funktionsaufrufen und dergleichen empfangen werden. Die Original-Kartendaten **20** werden auf einem vom Prozessor lesbaren Speichermedium gespeichert. Der Abkürzungsgenerator **22** empfängt Original-Kartendaten **20** und fügt Abkürzungen hinzu, wie im Folgenden beschrieben wird, um erweiterte Kartendaten **24** zu erzeugen. Die Erzeugung der erweiterten Kartendaten **24** kann das Hinzufügen neuer Kartendaten (z. B. der Abkürzungen) zu den bestehenden Original-Kartendatendateien **20** enthalten. Alternativ kann die Erzeugung der erweiterten Kartendaten **24** das Erzeugen neuer Dateien enthalten, die die vom Abkürzungsgenerator **22** erzeugten neuen Daten und einige oder alle der alten Daten aus den Original-Kartendaten **20** enthalten. Die resultierenden erweiterten Kartendaten **24** sind eine elektronische Karte, die in einer oder mehreren Dateien gespeichert ist, die die vom Abkürzungsgenerator **22** erzeugten Abkürzungen enthalten.

[0038] Wie in [Fig. 2](#) gezeigt ist, können die erweiterten Kartendaten **24** als Eingabe in ein Wegfindungssystem **30** verwendet werden. Während des Betriebs würde das Wegfindungssystem **30** die erweiterten Kartendaten **24** auf einem vom Prozessor lesbaren Speichermedium speichern. Ein Benutzer eines Wegfindungssystems **30** würde einen Ausgangspunkt und ein Ziel angeben, die beide vom Wegfindungssystem **30** auf einem vom Prozessor lesbaren Speichermedium gespeichert würden. Das Wegfindungssystem **30** kann einen Weg vom angegebenen Ausgangspunkt zum angegebenen Ziel unter Verwendung der erweiterten Kartendaten **24** finden. Die Ausgabe des Wegfindungssystems **30** ist ein Weg **32**. Der Weg **32** wird auf einem vom Prozessor lesbaren Speichermedium gespeichert und dem Benutzer des Wegfindungssystems mitgeteilt.

[0039] Bevor erläutert wird, wie der Abkürzungsgenerator **22** erweiterte Kartendaten **24** erzeugt, wird eine grundsätzliche Erläuterung einer elektronischen Karte gegeben. Im Allgemeinen enthält eine zur Wegfindung verwendete elektronische Karte einen Graphen. Ein Graph ist eine Sammlung von Knoten und Kanten. Knoten sind Objekte, die Eigenschaften aufweisen und Entscheidungspunkte auf dem Graphen angeben. Eine Kante ist eine Verbindung zwischen zwei Knoten. Ein Weg vom Knoten A zum Knoten B in einem Graphen wird als eine Liste von Knoten beschrieben, so dass eine Kante von jedem Knoten in der Liste zum nächsten vorliegt. Ein gerichteter Graph ist ein Graph, in welchem jede Kante eine einzelne Richtung aufweist, die ihr zugeordnet ist. Es können zwei Kanten zwischen einem gegebenen Knotenpaar vorhanden sein, eine in jeder Richtung. In einem gerichteten Graphen werden Kanten als Verbindungen bezeichnet. Ein gewichteter Graph ist ein Graph, in welchem jede Verbindung (oder Kante) ihr zugeordnete Kosten aufweist. Alternativen umfassen das Zuweisen der Kosten zu den Knoten, zu den Knoten und den Verbindungen, oder zu einem weiteren Element des Graphen. Ein ungerichteter Graph ist ein Graph, in welchem jede Verbindung bidirektional ist. Ein ungerichteter Graph kann als ein gerichteter Graph gedacht werden, bei dem jede Verbindung zwei Verbindungen mit den gleichen Endpunkten jedoch unterschiedlichen Richtungen repräsentiert.

[0040] [Fig. 3](#) zeigt einen beispielhaften gerichteten Graphen, der eine nach Osten gehende Einbahnstraße **150** und eine Zweibahnstraße **152** zeigt, die beide die Zweibahnstraße **154** kreuzen. Die Straße **150** kreuzt die Straße **154** an der Kreuzung **160**. Die Straße **152** kreuzt die Straße **154** an der Kreuzung **170**. An der Kreuzung **160** befinden sich zwei Knoten **162** und **164**. Der Kopf des Knotens ist ein durchgezogener Kreis. Die Rückseite des Knotens ist ein geradliniger Ausläufer. Der Kreis stellt dar, wo der Knoten angeordnet ist, während der Ausläufer darstellt, wo ein Reisender herkommen würde, um diesen Knoten zu erreichen. Das Knotensym-

bol ist gegenüber der wirklichen Kreuzung der Sichtbarkeit halber verschoben. Zum Beispiel repräsentiert der Knoten **162** das Reisen nach Norden auf der Straße **154** in Richtung zur Kreuzung **160**. Der Knoten **164** repräsentiert das Reisen nach Osten auf der Straße **150** in Richtung zur Kreuzung **160**. An der Kreuzung **160** befindet sich kein Knoten, um das Reisen nach Westen auf der Straße **150** zu repräsentieren, da die Straße **150** eine nach Osten gehende Einbahnstraße ist. Ein Reisender, der auf der Straße **154** nach Norden fährt und die Kreuzung **160** erreicht, kann somit nur nach rechts abbiegen. Der Knoten **172** repräsentiert die Ankunft an der Kreuzung **170** durch Reisen nach Süden auf der Straße **154**. Der Knoten **174** repräsentiert die Ankunft an der Kreuzung **170** durch Reisen nach Osten auf der Straße **152**. Der Knoten **176** repräsentiert die Ankunft an der Kreuzung **170** durch Reisen nach Westen auf der Straße **152**.

[0041] Verbindungen repräsentieren einen Weg zwischen Knoten. Zum Beispiel kann ausgehend vom Knoten **164** ein Reisender an der Kreuzung **160** nach rechts abbiegen, um auf der Straße **154** weiterzufahren, oder kann geradeaus auf der Straße **150** weiterfahren. Die Verbindung **186** repräsentiert eine Fahrt beginnend von der Kreuzung **160** auf der Straße **150** in Richtung Osten, das Abbiegen nach rechts an der Kreuzung **160** und das Weiterfahren nach Süden auf der Straße **154**. Somit verbindet die Verbindung **186** den Knoten **164** mit dem Knoten **172**. Die Verbindung **188** verbindet den Knoten **164** mit dem nächsten Knoten auf der Straße **150** (nicht gezeigt) und repräsentiert die Fahrt nach Osten längs der Straße **150** und die Weiterfahrt geradeaus über die Kreuzung **160** ohne Abbiegen. Die Verbindung **189** repräsentiert eine Fahrt beginnend von der Kreuzung **160** auf der Straße **154** in Richtung Norden, das Abbiegen an der Kreuzung **160** und die Weiterfahrt nach Osten auf der Straße **150**; somit verbindet die Verbindung **189** den Knoten **162** mit dem nächsten Knoten auf der Straße **150** (nicht gezeigt). [Fig. 3](#) zeigt nur Verbindungen für die Knoten **162** und **164**. Wenn Verbindungen für alle Knoten gezeichnet würden, würde der gerichtete Graph zu überladen werden und wäre schwierig zu lesen. Der gerichtete Graph kann daher vereinfacht und wie in [Fig. 4](#) gezeigt neu gezeichnet werden.

[0042] In [Fig. 4](#) sind alle Knoten an derselben Kreuzung zu einem Knoten zusammen gefallen. Somit repräsentiert der Knoten **200** die Knoten **164** und **162**. Der Knoten **220** repräsentiert die Knoten **172**, **174** und **176**. Es ist zu beachten, dass die Ausläufer der Knoten nicht gezeichnet sind. Die Verbindungen werden verwendet, um Richtungen der zulässigen Bewegung anzuzeigen. Die Verbindung **204** zeigt eine Bewegung von der Kreuzung **170** zur Kreuzung **160**, während die Verbindung **206** eine Bewegung der Kreuzung **160** zur Kreuzung **170** zeigt. Im wirklichen Gebrauch kann die vorliegende Erfindung einen Graphen ähnlich der [Fig. 3](#) oder der [Fig. 4](#) verwenden.

[0043] Die Graphen der [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) werden verwendet, um die elektronische Kartendatenstruktur symbolisch verständlich zu machen, die in einem vom Prozessor lesbaren Speichermedium gespeichert ist. Das heißt, ein vom Prozessor lesbares Speichermedium speichert nicht wirklich ein Bild eines gerichteten Graphen. Stattdessen wird eine Datenstruktur gespeichert. Jeder Eintrag in der Datenstruktur repräsentiert einen Knoten. Für jeden Knoten speichert die Datenstruktur den Ort des Knotens (z. B. geographische Breite und geographische Länge), eine Liste von Nachbarknoten (Knoten, die über eine Verbindung erreicht werden können) und verschiedene Kosten, die dem Erreichen der Nachbarknoten zugeordnet sind. Es wird angenommen, dass die vorliegende Erfindung mit vielen geeigneten Datenstrukturen arbeitet, die von der einen beschriebenen verschiedenen sind. Ferner muss die Erfindung nicht mit einem gerichteten Graphen verwendet werden. Die vorliegende Erfindung kann mit der gesamten Kartendatenbank, anderen Netzwerken, oder irgendwelchen anderen geeigneten Teilmengen von Informationen verwendet werden. Ferner können ein oder mehrere Einträge in einer Datenstruktur in einer Datengruppe zusammengefasst werden. Eine Datengruppe ist eine Gruppierung von verwandten Daten. Obwohl Gruppen die Leistungsfähigkeit verbessern, kann die vorliegende Erfindung ohne Gruppen verwendet werden. Mehr Informationen über Gruppen sind zu finden im US-Patent Nr. 5.706.503, "Method of Clustering Multi-Dimensional Related Data In A Computer Database By Combining The Two Vertices of a Graph Connected by An Edge Having the Highest Score", das hiermit durch Literaturhinweis eingefügt ist.

[0044] Wie in [Fig. 1](#) gezeigt ist, arbeitet der Abkürzungsgenerator **22** mit den Original-Kartendaten **20**, um erweiterte Kartendaten **24** zu erzeugen. Im Allgemeinen führt der Abkürzungsgenerator **22** zwei Gesamtfunktionen aus. Erstens, der Abkürzungsgenerator erstellt neue Verbindungen, um sie den Original-Kartendaten **20** hinzuzufügen. Zweitens, der Abkürzungsgenerator erzeugt neue Prioritäten für bestehende Knoten in den Original-Kartendaten **20**. Die neuen Verbindungen und die neuen Prioritäten werden in den erweiterten Kartendaten **24** gespeichert. Es ist zu beachten, dass der Abkürzungsgenerator **22** im Allgemeinen keine Kosten für die Bewegung in einer elektronischen Karte ändert.

[0045] Es gibt zwei Arten von Verbindungen, die vom Abkürzungsgenerator **22** erzeugt werden. Der erste Typ von erzeugter Verbindung ist ein Weg über Straßen mit einem niedrigeren Prioritätsniveau, der nützlich ist, um

sich zwischen zwei Straße mit höherem Prioritätsniveau zu bewegen. Der zweite Typ von erzeugter Verbindung ist eine Verbindung mit hohem Prioritätsniveau, die eine Anzahl von Verbindungen mit geringerer Priorität überspringt. Beiden Typen von erzeugten Verbindungen werden mit Bezug auf die [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) erläutert.

[0046] [Fig. 5](#) zeigt ein Beispiel eines Graphen, der ein Abschnitt einer elektronischen Karte ist. [Fig. 5](#) zeigt Knoten 210, 212, 214, 216, 218, 220 und 222. Diese Knoten sind verbunden durch Verbindungen 230, 232, 234, 236, 238, 240, 242, 244, 246, 248, 250, 252, 254 und 256. Beispielsweise sei angenommen, dass die Verbindungen 242, 244, 254 und 256 längs einer ersten Schnellstraße mit Prioritätsniveau 5 verlaufen. Es sei angenommen, dass die Verbindungen 234 und 236 längs einer zweiten Schnellstraße mit Prioritätsniveau 5 verlaufen. Außerdem sei angenommen, dass die Verbindung 230, 232, 238, 240, 250 und 252 längs einer dritten Schnellstraße verlaufen, die ebenfalls Prioritätsniveau 5 aufweist. Schließlich sei angenommen, dass die Verbindungen 246, 248 eine Bewegung längs einer Fernstraße repräsentieren, die Prioritätsniveau 3 aufweist. Beispielsweise sei angenommen, dass ein Benutzer wünscht vom Knoten 220 zum Knoten 210 zu fahren. Ein Navigationssystem des Standes der Technik kann einen Weg vom Knoten 220 zum Knoten 210 bestimmen, der nur über Schnellstraßen führt. Ein solcher Weg würde eine Bewegung längs der Verbindungen 254, 242, 236 und 232 enthalten. Der Abkürzungsgenerator der vorliegenden Erfindung würde eine Abkürzung erzeugen, so dass der Benutzer längs der Verbindungen 254, 248, 238 und 232 fahren würde. Um dies zu bewerkstelligen, würde der Abkürzungsgenerator 22 eine Abkürzungsverbindung 248 erzeugen. Die Abkürzung 248 ist typischerweise eine zusammengesetzte Verbindung, die eine Bewegung auf zwei oder mehr Verbindungen längs der Fernstraße repräsentiert. Diese zwei oder mehr Verbindungen auf Prioritätsniveau 3 werden durch Abkürzungsverbindungen 248 auf Prioritätsniveau 5 ersetzt. Somit ist die Abkürzungsverbindung 248 ein Beispiel einer vom Abkürzungsgenerator 22 erzeugten Verbindung, die einen Weg über Straßen auf einem niedrigeren Niveau repräsentiert, der nützlich ist, um sich zwischen zwei Straßen mit höherem Niveau zu bewegen. Das heißt, ein Fahrer eines Fahrzeugs würde das Ziel 210 schneller erreichen, indem er über die Verbindungen 254, 248, 238 und 232 fährt, statt über die Verbindungen 254, 242, 236 und 232 zu fahren.

[0047] [Fig. 6](#) zeigt ein weiteres Beispiel einer Abkürzungsverbindung. [Fig. 6](#) zeigt vier Knoten 270, 272, 274 und 276. Die Verbindung 280 verbindet den Knoten 270 mit dem Knoten 272. Die Verbindung 282 verbindet den Knoten 272 mit dem Knoten 274. Die Verbindung 284 verbindet den Knoten 274 mit dem Knoten 276. Für dieses Beispiel sei angenommen, dass die Verbindungen 280, 282 und 284 alle Zielknoten mit dem gleichen Prioritätsniveau aufweisen. Ein Zielknoten einer Verbindung ist der Knoten, an dem die Verbindung endet. Zum Beispiel ist der Knoten 276 der Zielknoten für die Verbindung 284.

[0048] Der Abkürzungsgenerator 22 kann eine neue zusammengesetzte Verbindung 288 erzeugen, die den Knoten 270 mit dem Knoten 276 verbindet. Das Prioritätsniveau des Zielknotens, dem die Verbindung 288 zugeordnet ist, ist höher als die Prioritätsniveaus der Zielknoten für die Verbindungen 280 und 282. Außerdem ist das Prioritätsniveau der Knoten 270 und 272 höher als die Prioritätsniveaus der Knoten 272 und 274. Die Verbindung 288 ist ein zweites Beispiel einer vom Abkürzungsgenerator 22 erzeugten Abkürzungsverbindung.

[0049] Bevor genauer erläutert wird, wie der Abkürzungsgenerator 22 neue Verbindungen und neue Prioritäten erzeugt, ist es nützlich, zu verstehen, wie ein beispielhaftes Wegfindungssystem 30 einen Weg von einem Ausgangspunkt zu einem Ziel bestimmt.

[0050] [Fig. 7](#) ist ein Flussdiagramm, das ein Verfahren zur Bestimmung eines Weges von einem Ausgangspunkt zu einem Ziel erläutert. Das Verfahren der [Fig. 7](#) ist nur eines von vielen Verfahren der Wegfindung, die in der Technik bekannt sind. Andere Verfahren der Wegfindung können ebenfalls mit der vorliegenden Erfindung verwendet werden. Im Schritt 302 initialisiert das System die Wegfindungserkundung. Das heißt, das System speichert den Ausgangspunkt und das Ziel des Weges und richtet zwei Warteschlangen ein: eine Ausgangspunkt-Prioritätswarteschlange und eine Ziel-Prioritätswarteschlange. Die Ausgangspunkt-Prioritätswarteschlange umfasst eine geordnete Liste von Knoten, zu denen jeweils ein Weg vom Ausgangspunkt bekannt ist, und einen Schlüssel für jeden Knoten. Die Warteschlange ist nach dem Schlüssel sortiert. Es gibt verschiedene Alternativen für die Bestimmung des Schlüssels. In einer Alternative ist der Schlüssel gleich den niedrigsten bekannten Kosten der Bewegung vom Ausgangspunkt zum Knoten. Ein alternativer Schlüssel enthält die Summe der bekannten niedrigsten Kosten vom Ausgangspunkt zum Knoten plus geschätzter Kosten der Bewegung vom Knoten zum Ziel. Es gibt verschiedene Alternativen für die Schätzung der Kosten für die Bewegung vom Knoten zum Ziel, die für dieses Verfahren geeignet sind. Ein Beispiel enthält das Multiplizieren der direkten "Luftlinien"-Entfernung mit den geschätzten Kosten pro Entfernungseinheit. Das heißt, ungeachtet der Knoten und Verbindungen wird die physikalische Entfernung zwischen dem Knoten und dem Ziel bestimmt, wobei diese Entfernung mit geschätzten Kosten pro Entfernungseinheit multipliziert wird.

[0051] Die Ziel-Prioritätswarteschlange umfasst eine geordnete Liste von Knoten, von denen jeweils ein Weg zum Ziel bekannt ist, und einen Schlüssel für jeden Knoten. Die Warteschlange ist nach dem Schlüssel sortiert. Es gibt viele Alternativen zur Bestimmung eines Zielschlüssels. Eine Alternative umfasst die Verwendung des Weges mit den bekannten niedrigsten Kosten vom Knoten zum Ziel. Ein alternativer Schlüssel umfasst die Verwendung der Summe aus den bekannten niedrigsten Kosten vom Knoten zum Ziel plus geschätzter Kosten vom Ausgangspunkt zum Knoten. Der obenbeschriebene Schlüssel für die Ausgangspunkt-Prioritätswarteschlange, der die geschätzten verbleibenden Kosten verwendet, erzeugt eine Erkundung ausgehend vom Ausgangspunkt, die in Richtung zum Ziel voreingenommen ist. In ähnlicher Weise ist eine Erkundung ausgehend vom Ziel in Richtung zum Ausgangspunkt voreingenommen. Andere Verfahren der Berechnung eines Schlüssels fallen ebenfalls in den Umfang der vorliegenden Erfindung.

[0052] Außerdem erstellt das System eine Ausgangspunkt-Besucht-Liste und eine Ziel-Besucht-Liste. Die Ausgangspunkt-Besucht-Liste hält eine Liste der aller Knoten, zu denen Wege vom Ausgangspunkt bekannt sind, die niedrigsten Kosten für die Bewegung vom Ausgangspunkt zum Knoten, und den vorangehenden Knoten längs des Weges mit diesen niedrigsten Kosten. Die Ziel-Besucht-Liste speichert den Namen jedes Knotens, für den Wege zum Ziel bekannt sind, die bekannten niedrigsten Kosten für die Bewegung vom Knoten zum Ziel, und die Identität des nächsten Knotens längs des Weges zum Ziel mit diesen niedrigsten Kosten. Nachdem der Initialisierungsschritt abgeschlossen ist, enthalten die Ausgangspunkt-Prioritätswarteschlange und die Ausgangspunkt-Besucht-Liste den Ausgangspunkt, und die Ziel-Prioritätswarteschlange und die Ziel-Besucht-Liste enthalten das Ziel.

[0053] Sobald das System initialisiert ist, wählt das System eine Warteschlange entsprechend einer Regel im Schritt **304** aus. Es gibt viele Regeln für die Auswahl einer Warteschlange, die für die vorliegende Erfindung geeignet sind. In einem System wird die Warteschlange ausgewählt, die das Element mit dem kleinsten Schlüssel enthält, mit willkürlich unterbrochenen Verbindungen. In einem weiteren System wird die Warteschlange ausgewählt, die die kleinste Menge an Elementen enthält. Weitere Beispiele von Regeln für die Auswahl einer Warteschlange umfassen das Wechseln zwischen Warteschlangen; oder das Auswählen der Ausgangspunkt-Warteschlange für eine bestimmte Anzahl von Iterationen (oder eine Zeitperiode), das Umschalten zur Ziel-Warteschlange für eine bestimmte Anzahl von Iterationen, das Zurückschalten zur Ausgangspunkt-Warteschlange für eine gewisse Anzahl von Iterationen und dergleichen. Da die Warteschlangen nach Schlüsseln sortiert sind, befindet sich der Knoten mit dem kleinsten Schlüssel am Kopf der Warteschlange (auch als Vorderende oder Spitze der Warteschlange bezeichnet). Dieser Knoten wird als "Kopfknoten" bezeichnet.

[0054] Im Schritt **306** sucht das System alle Knoten, die benachbarte Knoten zum Kopfknoten der ausgewählten Warteschlange sind, und greift einen dieser Knoten heraus. Da das System eben erst gestartet ist, ist der einzige Knoten in der Ausgangspunkt-Prioritätswarteschlange der Ausgangspunkt. Die benachbarten Knoten sind diejenigen Knoten, zu/von denen (was immer auch angemessen ist) vom/zum Kopfknoten gefahren werden kann, ohne irgendwelche andere Knoten zu durchlaufen. Im Schritt **308** bestimmt das System, ob niedrigere Kosten vorhanden sind, die in der Besucht-Liste oder in der Prioritätswarteschlange für den herausgegriffenen benachbarten Knoten bekannt sind. Das heißt, das System bestimmt die Kosten der Bewegung zwischen den benachbarten Knoten und dem Kopfknoten und addiert diese Kosten zu den bereits für den Kopfknoten bekannten Kosten. Wenn keine geringeren Kosten bekannt sind, dann editiert das System im Schritt **310** die Besucht-Liste und die Prioritätswarteschlange, um den benachbarten Knoten und dessen Kosten hinzuzufügen. Wenn geringere Kosten bekannt sind, dann wird die Besucht-Liste nicht editiert und das System kehrt zum Schritt **306** zurück. Nach Schritt **310** kehrt das Verfahren zum Schritt **306** zurück, um zu bestimmen, ob irgendwelche zusätzlichen benachbarten Knoten noch nicht betrachtet worden sind. Wenn alle benachbarten Knoten betrachtet worden sind, dann rückt das Verfahren zum Schritt **312** vor, wobei der Kopfknoten aus der Prioritätswarteschlange entfernt wird.

[0055] Im Schritt **314** bestimmt das System, ob eine Stoppbedingung aufgetreten ist. Es gibt viele Stoppbedingungen, die für die vorliegende Erfindung geeignet sind. Ein Beispiel einer geeigneten Stoppbedingung ist das Stoppen, wenn ein Knoten der Kopfknoten sowohl der Ausgangspunkt-Prioritätswarteschlange als auch der Ziel-Prioritätswarteschlange war. Eine weitere Stoppbedingung enthält das Stoppen, wenn die Kosten der Bewegung vom Ausgangspunkt zum Kopfknoten in der Ausgangspunkt-Prioritätswarteschlange plus der Kosten der Bewegung vom Kopfknoten der Ziel-Prioritätswarteschlange zum Ziel größer oder gleich den Gesamtkosten des besten Verbindungsknotens sind. Ein Verbindungsknoten ist der Knoten, der auf der Ziel-Besucht-Liste und der Ausgangspunkt-Besucht-Liste erscheint. Die Gesamtkosten eines Verbindungsknotens sind die Kosten vom Ausgangspunkt zum Verbindungsknoten plus der Kosten vom Verbindungsknoten zum Ziel. Der beste Verbindungsknoten ist der Verbindungsknoten mit dem geringsten Gesamtkosten. Wenn die

Stoppbedingung nicht erfüllt war, rückt das System zum Schritt **304** vor und wählt die andere Warteschlange aus. Wenn die Stoppbedingung erfüllt ist, erstellt das System den Weg im Schritt **316**. Im Schritt **318** meldet das System den Weg. Das Melden des Weges kann das Anzeigen einer Karte, die den Weg zeigt, das Anzeigen einer Karte mit einem auf der Karte hervorgehobenen Weg, das Bereitstellen von Abbiegerichtungen, das Bereitstellen einer Tonausgabe, die den Weg beschreibt, das Erzeugen und Weiterleiten einer Datei mit Daten, die den Weg beschreiben, das Weiterleiten eines Zeigers auf Daten, die den Weg beschreiben, das Weiterleiten von Daten, die den Weg beschreiben, in Reaktion auf einen Funktionsaufruf, und dergleichen enthalten.

[0056] Der Schritt des Erstellens des Weges (Schritt **316**) ist wie folgt beschaffen. Eine Regel wählt einen bestimmten Verbindungsknoten aus. Eine solche Regel besteht darin, den besten Verbindungsknoten auszuwählen. Der ausgewählte Verbindungsknoten K wird in der Ausgangspunkt-Besucht-Liste nachgeschlagen, wobei der vorangehende Knoten P_1 auf dem Weg vom Ausgangspunkt gefunden wird. Wenn P_1 nicht der Ausgangspunkt ist, dann wird P_1 in der Besucht-Liste nachgeschlagen und es wird der vorangehende Knoten P_2 gefunden. Dies wird fortgesetzt, bis der Ausgangspunkt erreicht ist. Es sei angenommen, der Ausgangspunkt wird als Knoten P_L erreicht. In ähnlicher Weise wird K in der Ziel-Besucht-Liste nachgeschlagen und der nächste Knoten N_1 gefunden. Wenn N_1 nicht das Ziel ist, dann wird N_1 in der Besucht-Liste nachgeschlagen. Dies wird fortgesetzt, bis das Ziel erreicht ist. Es sei angenommen, das Ziel wird als Knoten N_M erreicht. An diesem Punkt ist der Weg vom Ausgangspunkt zum Ziel bekannt: es ist der Weg von P_L (dem Ausgangspunkt) nach P_{L-1} , nach P_{L-2} , ..., nach P_2 , P_1 , nach K , nach N_1 , ..., N_{M-1} , nach N_M (dem Ziel). Zusätzliche Informationen über die Wegfindung sind zu finden in Caching For Pathfinding Computation, von Richard Frederick Popgen, Rodney Jude Fernandez und James Laurence Buxton, laufende Nr. 08/802.733, eingereicht am 20. Februar 1997; und A System For Pathfinding, von Koji Amakawa und Edward Joseph Suranyi, laufende Nr. 09/023.504, eingereicht am 13. Februar 1998, die hiermit beide durch Literaturhinweis eingefügt sind.

[0057] Wie oben beschrieben worden ist, wird der Prozess der [Fig. 7](#) wahrscheinlich auf verschiedenen Prioritätsniveaus ausgeführt. Zum Beispiel können die Straßen in unterschiedliche Prioritätsniveaus aufgeteilt werden, wie in Tabelle 1 gezeigt ist, wobei der Wegfindungsprozess die Aufstiegsschwellen nutzen kann, die oben mit Bezug auf Tabelle 2 beschrieben worden sind.

[0058] [Fig. 8](#) ist ein Flussdiagramm, das die Operation des Abkürzungsgenerators **22** erläutert. Der erste Schritt in [Fig. 8](#) besteht darin, zu initialisieren **348**. Der Schritt der Initialisierung enthält das Lesen und Speichern der Original-Kartendaten **20**. Die gespeicherten Kartendaten enthalten Knoten, Verbindungen und, in einigen Ausführungsformen, Prioritäten für Knoten und/oder Verbindungen. Im Schritt **350** arbeitet der Abkürzungsgenerator **22** auf dem aktuellen Abtastniveau. Wie oben beschrieben worden ist, wird das Straßennetz in unterschiedliche Prioritätsniveaus zerlegt. Um die Straßen mit unterschiedlichem Prioritätsniveau aufzunehmen, wird die Operation des Abkürzungsgenerators **22** in eine Anzahl von Abtastniveaus unterteilt. Jedes Abtastniveau entspricht einem Prioritätsniveau der Straßen. Da jedem Abtastniveau ein Prioritätsniveau zugeordnet ist, wird das zugeordnete Prioritätsniveau als Abtastpriorität bezeichnet. Das aktuelle Abtastniveau bezeichnet das Abtastniveau, auf dem aktuell gearbeitet wird. Somit ist bei der erstmaligen Ausführung des Schritts **350** das aktuelle Abtastniveau das Niveau 1, und die aktuelle Abtastniveaupriorität ist die Priorität 1. Nach Arbeiten auf dem aktuellen Abtastniveau bestimmt der Abkürzungsgenerator **22**, ob irgendwelche weiteren Niveaus vorhanden sind, auf denen zu arbeiten ist (Schritt **352**). Wenn weitere Niveaus vorhanden sind, auf denen zu arbeiten ist, dann werden das aktuelle Abtastniveau und die aktuelle Abtastniveaupriorität im Schritt **345** auf das nächste Niveau geändert. Wenn somit im Schritt **350** das aktuelle Abtastniveau, auf dem gearbeitet wurde, das Niveau 1 war, dann wird das aktuelle Abtastniveau auf das Niveau 2 geändert und das System kehrt zum Schritt **350** zurück und arbeitet auf Niveau 2. Nach den Arbeiten auf Niveau 2 fährt das System fort, die Schritte **350–354** wiederholt zu durchlaufen und auf Niveau 3, Niveau 4 und Niveau 5 zu arbeiten. Nach Arbeiten auf Niveau 5 (unter der Annahme, dass fünf Niveaus vorhanden sind) bestimmt das System im Schritt **352**, dass keine weiteren Niveaus vorhanden sind, auf denen zu arbeiten ist, wobei der Abkürzungsgenerator **22** zum Schritt **356** vorrückt, der das Hinzufügen neuer Verbindungen und Prioritäten zu den Kartendaten enthält. Der Schritt **356** umfasst im Wesentlichen den Schritt des Erzeugens erweiterter Kartendaten **24**.

[0059] Die [Fig. 9A](#) und [Fig. 9B](#) zeigen ein Flussdiagramm, das den Schritt **350** (Arbeiten auf aktuellem Niveau) der [Fig. 8](#) beschreibt. Das heißt, das Verfahren der [Fig. 9A](#) und [Fig. 9B](#) wird für jedes Abtastniveau ausgeführt. Wenn somit fünf Abtastniveaus vorhanden sind, dann wird das Verfahren der [Fig. 9A–Fig. 9B](#) fünf Mal ausgeführt. Es ist zu beachten, dass die [Fig. 9A–Fig. 9B](#) die Schritte **400–442** enthalten. Das Verfahren der [Fig. 9A–Fig. 9B](#) wird nicht für das Abtastniveau 0 ausgeführt. Für die Abtastniveaus 2 bis 5 beginnt das Verfahren bei Schritt **400**. Für das Abtastniveau 1 das Verfahren bei Schritt **422**.

[0060] Schritt **400** enthält das Auffinden jedes Knotens in der elektronischen Kartendatenbank, der sich auf

der aktuellen Abtastpriorität oder höher befindet, und das Sortieren dieser Knoten. Die Knoten werden sortiert, um einen K-D-Baum zu bilden. Diese Sortierung erzeugt eine lineare Liste von Knoten, so dass die Knoten, die sich geographisch nahe sind, sich gewöhnlich auch in der Liste nahe sind. Jede Verbindung und jeder Knoten in der Kartendatenbank weist ein Attribut auf, das Benutzungspriorität genannt wird. Die Benutzungspriorität zeigt an, für welche Priorität die Verbindung nützlich ist. Am Anfang des Prozesses der [Fig. 8](#) ist die Benutzungspriorität für jede Verbindung die Priorität der Straße, der die Verbindung zugeordnet ist. Eine Ausnahme besteht darin, dass Wenden typischerweise eine anfängliche Benutzungspriorität 0 aufweisen. Außerdem ist die anfängliche Benutzungspriorität eines Knotens dieselbe wie diejenige der dem Knoten zugeordneten Straße. Im Schritt **402** bestimmt der Abkürzungsgenerator **22**, ob irgendwelche weiteren Knoten zur Verarbeitung vorliegen. Wenn keine weiteren Knoten zum Verarbeiten vorliegen, kehrt das Verfahren zum Schritt **420** zurück (der sich in [Fig. 9B](#) befindet). Wenn weitere Knoten zur Verarbeitung vorliegen, kehrt das Verfahren zum Schritt **404** zurück. Bei der erstmaligen Ausführung des Schritts **402** nach dem Schritt **400** wird erwartet, dass viele Knoten zur Verarbeitung vorliegen; der Abkürzungsgenerator **22** rückt daher wahrscheinlich zum Schritt **404** vor.

[0061] Im Schritt **404** greift der Abkürzungsgenerator **22** einen der im Schritt **400** gefundenen Knoten heraus. Im Schritt **406** erkundet der Abkürzungsgenerator **22** von dem in Schritt **404** ausgewählten Knoten nach außen. Der Schritt der Erkundung im Schritt **406** ist eine modifizierte Version des Wegfindungsprozesses der [Fig. 7](#). Einige Ausnahmen umfassen, dass die Erkundung nur längs Verbindungen mit einer Benutzungspriorität gleich der aktuellen Abtastpriorität, über der aktuellen Abtastpriorität oder eins niedriger als die aktuelle Abtastpriorität verlaufen kann.

[0062] [Fig. 10](#) ist ein Flussdiagramm, dass das Verfahren zur Implementierung des Schritts **406** (Erkundung vom ausgewählten Knoten) der [Fig. 9A](#) erläutert. Der Prozess der [Fig. 10](#) findet keinen Weg vom Ausgangspunkt zum Ziel. Stattdessen erkundet der Prozess der [Fig. 10](#) von einem Ausgangspunkt nach außen. Im Schritt **500** wird der Prozess initialisiert. Das heißt, die Ausgangspunkt-Prioritätswarteschlange und die Ausgangspunkt-Besucht-Liste werden eingerichtet. Im Prozess der [Fig. 10](#) enthalten die Besucht-Liste und die Prioritätswarteschlange ferner drei zusätzliche Felder: ein Nützlichkeitsfeld, ein Wende-Feld und ein Vorangehend-Feld. Wenn das Wende-Feld gesetzt ist (z. B. eine logische 1 speichert), dann enthält der Weg, der den mit einem Wende-Feld versehenen Knoten enthält, eine Wende. Wenn das Wende-Feld für einen bestimmten Knoten nicht gesetzt ist, dann enthält der Weg, der diesen Knoten enthält, keine Wende.

[0063] Das Vorangehend-Feld wird verwendet, um zu signalisieren, ob der beste Weg zu dem spezifischen Knoten vom Ausgangsknoten oder von einem vorangehenden Knoten kommt. Wenn das Vorangehend-Feld gleich 0 ist, dann kommt der beste Weg zu diesem bestimmten Knoten vom Ausgangsknoten. Wenn das Vorangehend-Feld gleich 1 ist (z. B. ist das Vorangehend-Feld gesetzt), kommt der beste Weg zu dem bestimmten Knoten vom vorangehenden Knoten. Ein vorangehender Knoten ist ein Knoten, der drei Kriterien erfüllt. Das erste Kriterium ist, dass eine Verbindung besteht, die einen Weg vom vorangehenden Knoten zum Ausgangsknoten anzeigt. Das zweite Kriterium ist, dass ferner eine Verbindung vom vorangehenden Knoten zu einem anderen Knoten als dem Ausgangsknoten besteht. Das dritte Kriterium ist, dass die Verbindung zum Ausgangsknoten (erstes Kriterium) und die Verbindung zum anderen Knoten (zweites Kriterium) eine Benutzungspriorität gleich der aktuellen Abtastpriorität, eins niedriger als die aktuelle Abtastpriorität oder größer als die aktuelle Abtastpriorität aufweisen müssen. Schritt **500** enthält das Platzieren aller vorangehenden Knoten in der Prioritätswarteschlange und der Besucht-Liste mit gesetztem Vorangehend-Feld. Der Ausgangspunkt weist kein gesetztes Vorangehend-Feld auf.

[0064] Im Schritt **502** wird das Nützlichkeitsfeld für jeden Knoten anfänglich auf Unendlich (oder eine bestimmte andere große Zahl) gesetzt. Nach Abschluss des Schritts **502** rückt der Prozess der [Fig. 10](#) zum Schritt **504** vor, um zu bestimmen, ob ein weiterer geeigneter benachbarter Knoten vorhanden ist. Schritt **504** ist dem Schritt **306** ähnlich, mit der Ausnahme, dass geeignete benachbarte Knoten nur diejenigen benachbarten Knoten umfassen, die mittels einer Verbindung mit einer Benutzungspriorität gleich der aktuellen Abtastpriorität, eins niedriger als die aktuelle Abtastpriorität oder eine Priorität über der aktuellen Abtastpriorität erreicht werden kann. Wenn ein weiterer geeigneter benachbarter Knoten vorliegt, fährt der Prozess mit Schritt **506** fort, bei dem einer der geeigneten benachbarten Knoten ausgewählt wird und bestimmt wird, ob sich der ausgewählte geeignete benachbarte Knoten in der Besucht-Liste befindet. Wenn er sich in der Besucht-Liste befindet, rückt das Verfahren zum Schritt **510** vor und bestimmt, ob der Knoten höhere Kosten in der Besucht-Liste aufweist. Wenn er keine höheren Kosten aufweist, dann rückt das Verfahren zum Schritt **512** vor und editiert die Besucht-Liste, um die neuen Kosten und den neuen vorangehenden Knoten zur Besucht-Liste hinzuzufügen, wobei die Prioritätswarteschlange entsprechend editiert wird und bei Bedarf das Wende-Feld aktualisiert wird. Das heißt, wenn die Bewegung zum aktuellen betrachteten Knoten eine Wende erfordert,

dann muss das Wende-Feld gesetzt sein, um eine Wende anzuzeigen. Die Verwendung des Wende-Feldes repräsentiert eine Verbesserung gegenüber Systemen des Standes der Technik. Wenn im Schritt **512** der vorangehende Knoten (in der Besuch-Liste) ein auf 1 gesetztes Vorangehend-Feld aufweist, dann wird das Vorangehend-Feld für den aktuellen betrachteten Knoten auf 1 gesetzt. Nach Schritt **512** rückt der Prozess zu Schritt **514** vor. Wenn im Schritt **510** bestimmt wird, dass keine höheren Kosten in der Besuch-Liste vorhanden sind, dann fährt der Prozess mit Schritt **514** fort. Im Schritt **514** prüft der Abkürzungsgenerator **22** die Nützlichkeit für den aktuellen benachbarten betrachteten Knoten. Nach Schritt **514** kehrt der Prozess zu Schritt **504** zurück. Wenn im Schritt **506** festgestellt wird, dass der benachbarte betrachtete Knoten nicht in der Besuch-Liste war, dann rückt das Verfahren zu Schritt **508** vor, der in seiner Funktion dem Schritt **512** ähnlich ist und das Editieren der Besuch-Liste, das Editieren der Prioritätswarteschlange, das Aktualisieren des Wende-Feldes bei Bedarf und das Aktualisieren des Vorangehend-Feldes bei Bedarf enthält. Nach dem Schritt **508** kehrt das Verfahren zum Schritt **504** zurück.

[0065] Um außerdem zu bestimmen, ob die benachbarten Knoten über eine Verbindung mit der geeigneten Priorität erreicht werden können, bestimmt Schritt **504** ferner, ob ein Knoten innerhalb von Schwellenkosten des Ausgangspunktes liegt. Der Ausgangspunkt für die aktuelle Erkundung ist der Knoten, der im Schritt **504** der [Fig. 10](#) zuletzt ausgewählt wurde. Somit bestimmt der Abkürzungsgenerator **22** die Kosten der Bewegung vom Ausgangspunkt zum aktuellen Knoten, der als geeigneter benachbarter Knoten betrachtet wird, und bestimmt, ob diese Kosten kleiner als der Schwellenwert sind. Der Schwellenwert variiert mit dem Niveau. Die folgende Tabelle 4 zeigt Beispiele von Schwellenwerten für die Abtastniveaus 2–5.

TABELLE 4

Prioritätsniveau	Stoppschwellenwert
2	300 Sekunden
3	900 Sekunden
4	1/2 Stunde
5	1 Stunde

[0066] Wenn ein aktueller Knoten, der als benachbarter Knoten betrachtet wird, nicht innerhalb des Schwellenwertes liegt, dann ist der benachbarte Knoten kein geeigneter benachbarter Knoten. Der Test in Schritt **504** prüft somit, ob der Knoten ein benachbarter Knoten ist, über eine Verbindung mit geeigneter Priorität erreicht werden kann, und innerhalb des Schwellenwertes liegt.

[0067] Wenn keine weiteren geeigneten benachbarten Knoten in Schritt **504** vorliegen, rückt das System zum Schritt **520** vor, der das Entfernen des Kopfknotens aus der Prioritätswarteschlange umfasst. Im Schritt **522** bestimmt der Abkürzungsgenerator **22**, ob die Prioritätswarteschlange leer ist. Wenn die Prioritätswarteschlange leer ist, ist das Verfahren der [Fig. 10](#) abgeschlossen. Wenn die Prioritätswarteschlange nicht leer ist, kehrt das Verfahren der [Fig. 10](#) zum Schritt **504** zurück, um fortzufahren.

[0068] [Fig. 11](#) ist ein Flussdiagramm, das das Verfahren zum Implementieren des Schrittes **514** (Prüfen der Nützlichkeit) der [Fig. 10](#) beschreibt. Das Verfahren der [Fig. 11](#) wird ausgeführt, wenn während der Erkundung der [Fig. 10](#) ein betrachteter Knoten bereits in der Besuch-Liste vorhanden ist. Im Schritt **550** bestimmt der Abkürzungsgenerator **22**, welcher der zwei Wege zu dem betrachteten Knoten der nutzlose Weg ist. Das heißt, da der Knoten bereits in der Besuch-Liste vorhanden ist, gibt es zwei Wege zum Erreichen dieses Knotens. Der erste Weg enthält den Weg, der von der Besuch-Liste angegeben wird (vor Schritt **512**). Der zweite Weg enthält den Weg zum Erreichen des aktuellen betrachteten benachbarten Knotens über den aktuellen Kopfknoten auf der Prioritätswarteschlange. Der Weg mit den größeren Kosten wird als nutzloser Weg betrachtet.

[0069] Im Schritt **522** verfolgt der Abkürzungsgenerator **22** eine Verbindung längs des nutzlosen Weges zurück bis zu dem Knoten, der dem aktuellen betrachteten Nachbarknoten unmittelbar vorangeht. Im Schritt **554** betrachtet der Abkürzungsgenerator **22** alle Vorwärtsverbindungen, die von dem im Schritt **522** gefundenen Knoten ausgehen. Eine Vorwärtsverbindung ist eine Verbindung, die den Knoten verlässt. Eine Vorwärtsverbindung von dem im Schritt **522** gefundenen Knoten würde als nutzlos betrachtet, wenn sie zu einem Knoten führt, der bereits in der Besuch-Liste mit geringen Kosten vorhanden ist und der vorangehende Knoten ein anderer Knoten als der im Schritt **522** gefundene Knoten ist. Wenn wenigstens eine der Vorwärtsverbindungen von dem betrachteten Knoten nicht nutzlos ist, dann ist der Prozess der [Fig. 11](#) abgeschlossen. Wenn alle Vorwärtsverbindungen nutzlos sind, dann rückt der Abkürzungsgenerator **22** zum Schritt **556** vor und setzt die

Nützlichkeit des im Schritt 522 gefundenen Knotens auf 0 zurück. Im Schritt 558 verfolgt der Abkürzungsgenerator 22 eine Verbindung von dem Knoten, dessen Nützlichkeit eben auf 0 zurückgesetzt wurde, zurück. Im Schritt 560 bestimmt der Abkürzungsgenerator 22 die Nützlichkeit jeder Vorwärtsverbindung, die den Knoten verlässt, bis zu dem im Schritt 558 zurückverfolgt wurde. Die Nützlichkeit einer Verbindung ist die Summe aus den Verbindungskosten und der Zielknotennützlichkeit der Verbindung. Das Nützlichkeitsfeld dieses im Schritt 558 erreichten Knotens wird auf die maximale Nützlichkeit seiner Vorwärtsverbindungen geändert. Wenn somit irgendeine der Verbindungen, auf denen gereist werden kann, eine unendliche Nützlichkeit aufweist, dann bleibt die Nützlichkeit des Knotens höchstwahrscheinlich bei unendlich. Wenn der im Schritt 558 zurückverfolgte Knoten seine Nützlichkeit im Schritt 562 geändert hat, dann kehrt das System zum Schritt 558 zurück und wiederholt die Schritte 558–564. Ein Beweggrund für diese Schritte besteht darin, dass dann, wenn ein Knoten nur zu nutzlosen Knoten führt, dieser Knoten ebenfalls nutzlos ist. Wenn die Knotennützlichkeit im Schritt 562 nicht verändert wurde, dann ist der Prozess der [Fig. 11](#) abgeschlossen. Im Allgemeinen haben Abkürzungsgeneratoren des Standes der Technik Abkürzungen oder zusammengesetzte Verbindungen erzeugt, die nicht nützlich waren, da sie zu Orten führten, die über einen weiteren Weg schneller zu erreichen waren. Somit schaffen die Schritte der [Fig. 11](#) eine signifikante Verbesserung gegenüber dem Stand der Technik durch Erzeugen effizienterer und nützlicherer Abkürzungen.

[0070] Nach Abschluss vom Schritt 406 der [Fig. 9A](#) hat der Abkürzungsgenerator 22 eine Besuch-Liste gespeichert. Im Schritt 408 wird ein Knoten in der Besuch-Liste ausgewählt. Im Schritt 410 wird bestimmt, ob der Knoten sich auf der aktuellen Abtastpriorität oder höher befindet. Wenn nicht, kehrt das Verfahren zum Schritt 418 zurück. Wenn der Knoten sich auf der aktuellen Abtastpriorität oder höher befindet, dann bestimmt das System im Schritt 412, ob das Vorangehend-Feld oder Wende-Feld für den betrachteten Knoten gesetzt ist. Wenn entweder das Vorangehend- oder das Wende-Feld gesetzt ist, kehrt das Verfahren zum Schritt 418 zurück. Wenn weder das Vorangehend- noch das Wende-Feld gesetzt ist, kehrt das System zum Schritt 414 zurück und bestimmt, ob die Nützlichkeit kleiner als ein Schwellenwert ist. Wenn die Nützlichkeit kleiner als ein Schwellenwert ist, dann kehrt das Verfahren der [Fig. 9A](#) zum Schritt 418 zurück. Wenn die Nützlichkeit nicht kleiner als ein Schwellenwert ist, dann führt das System den Schritt der Zurückverfolgung aus (Schritt 416). Nach der Zurückverfolgung bestimmt das System, ob weitere Knoten in der Besuch-Liste vorhanden sind (Schritt 418). Wenn weitere Knoten vorhanden sind, kehrt das System zum Schritt 408 zurück und wählt einen weiteren Knoten in der Besuch-Liste aus. Wenn keine weiteren Knoten in der Besuch-Liste vorhanden sind, kehrt das System zum Schritt 402 zurück, um zu bestimmen, ob weitere Knoten aus dem im Schritt 400 identifizierten Knotensatz zu betrachten sind. Ein Beispiel eines geeigneten Schwellenwertes für Schritt 414 ist die Aufstiegsschwelle (siehe Tabelle 2) für das aktuelle Abtastniveau. Schritt 414 verhindert die Erzeugung einer neuen Verbindungsriorität für eine Verbindung, die an einem Knoten endet, der für die letzte Iteration des Schritts 406 nicht nützlich war.

[0071] [Fig. 12](#) ist ein Flussdiagramm, das den Prozess des Schrittes 416 (Zurückverfolgung) der [Fig. 9A](#) erläutert. Der Prozess der [Fig. 12](#) beginnt mit dem Betrachten des betrachteten Knotens in den Schritten 408–414. Im Schritt 576 verfolgt der Abkürzungsgenerator 22 eine Verbindung zurück ausgehend von dem aktuellen betrachteten Knoten. Das heißt, es ist ein Vorangehend-Feld in der Besuch-Liste vorhanden, das den vorangehenden Knoten längs des Weges anzeigt, um zu dem betrachteten Knoten zu gelangen. Schritt 576 enthält die Zurückverfolgung zu diesem vorangehenden Knoten. Im Schritt 578 testet das System, ob die durchlaufene Verbindung zum Erreichen des vorangehenden Knotens innerhalb eines Verbindungsschwellenwertes des Ausgangspunkts oder des Ziels liegt. Wenn sie innerhalb des Verbindungsschwellenwertes des Ausgangspunkts oder des Ziels liegt, dann kehrt das Verfahren der [Fig. 12](#) zum Schritt 584 zurück. Wenn die Verbindung nicht innerhalb des Verbindungsschwellenwertes des Ausgangspunkts oder des Ziels liegt, rückt das Verfahren zum Schritt 580 vor. Ein Beispiel des Verbindungsschwellenwertes kann 10 % des Stoppschwellenwertes für die aktuelle Abtastpriorität sein.

[0072] Im Schritt 580 prüft der Abkürzungsgenerator 22, ob die durchlaufene Verbindung zum Erreichen des vorangehenden Knotens ein Prioritätsniveau gleich ein Niveau unterhalb der aktuellen Abtastpriorität aufweist. Trifft dies zu, wird ein neuer Prioritätswert für diese Verbindung erzeugt, um den alten Prioritätswert zu ersetzen. Nach Schritt 582 bestimmt das System, ob der Knoten, der im Schritt 576 erreicht worden ist, der Ausgangspunkt der letzten Erkundung ist. Trifft dies nicht zu, fährt das Verfahren der [Fig. 12](#) zum Schritt 576 zurück. Wenn er der Ausgangspunkt ist, ist das Verfahren der [Fig. 12](#) abgeschlossen. Wenn im Schritt 580 die durchlaufene Verbindung nicht auf einem Prioritätsniveau gleich ein Niveau unterhalb der aktuellen Abtastpriorität ist, dann kehrt das Verfahren zum Schritt 584 zurück. Das Verfahren der [Fig. 12](#) kann als ein Prozess für den Aufstieg bestimmter Verbindungen gedacht werden.

[0073] Wenn, wie in [Fig. 9A](#) gezeigt ist, im Schritt 402 bestimmt wird, dass alle Knoten, die im Schritt 400

identifiziert worden sind, betrachtet worden sind, rückt der Prozess der [Fig. 9A–Fig. 9B](#) zum Schritt **420** vor. Im Schritt **420** bestimmt der Abkürzungsgenerator **22** Prioritäten für jeden im Schritt **400** ausgewählten Knoten. [Fig. 13A](#) ist ein Flussdiagramm, das den Prozess des Bestimmens der Prioritäten für jeden ausgewählten Knoten zeigt (Schritt **420**). Der Prozess der [Fig. 13A](#) wird für jeden im Schritt **400** identifizierten Knoten ausgeführt.

[0074] Im Schritt **600** betrachtet der Abkürzungsgenerator **22** alle Vorwärtsverbindungen für den aktuell betrachteten Knoten. [Fig. 13B](#) zeigt den Knoten **640** mit fünf Vorwärtsverbindungen. [Fig. 13C](#) zeigt den Knoten **660** mit drei Vorwärtsverbindungen. Die Zahlen neben jeder Vorwärtsverbindung repräsentieren die Priorität für jede Verbindung. Im Schritt **602** bestimmt der Abkürzungsgenerator **22** die höchste Priorität, für die eine Wahl unter den Vorwärtsverbindungen besteht. Für die Zwecke des Schrittes **602** kann eine Verbindung bei einem gegebenen Prioritätsniveau auch als auf irgendeinem der Prioritätsniveaus unterhalb des gegebenen Prioritätsniveaus befindlich betrachtet werden. Wie z. B. in [Fig. 13B](#) gezeigt ist, weist die obere Vorwärtsverbindung ein Prioritätsniveau 4 auf. Diese Verbindung kann auch als auf dem Niveau 3, dem Niveau 2 oder dem Niveau 1 befindlich betrachtet werden. Wie in [Fig. 13B](#) gezeigt ist, besteht eine Wahlmöglichkeit von zwei Vorwärtsverbindungen auf dem Niveau 4, während eine Wahlmöglichkeit von zwei Vorwärtsverbindungen auf dem Niveau 3 besteht, eine Wahlmöglichkeit von vier Vorwärtsverbindungen auf dem Niveau 2 besteht, und eine Wahlmöglichkeit von fünf Vorwärtsverbindungen auf dem Niveau 1 besteht. Das höchste Niveau, auf dem eine Wahlmöglichkeit unter Vorwärtsverbindungen besteht, ist das Niveau 4.

[0075] Wie in [Fig. 13C](#) gezeigt ist, bestehen Vorwärtsverbindungen auf den Niveaus 1, 2 und 3. Somit besteht eine Wahlmöglichkeit von drei Verbindungen auf dem Niveau 1 und von zwei Verbindungen auf dem Niveau 2. Es gibt nur eine Verbindung auf dem Niveau 3. Das höchste Niveau, auf dem eine Wahlmöglichkeit unter Vorwärtsverbindungen besteht, ist daher das Niveau 2.

[0076] Im Schritt **604** wird dem betrachteten Knoten eine "bestimmte Priorität" gleich dem höchsten Niveau der Wahlmöglichkeit, das im Schritt **602** bestimmt worden ist, zugewiesen. Im Schritt **606** wird die im Schritt **604** zugewiesene "bestimmte Priorität" mit der aktuellen Abtastpriorität und der Priorität der Straße, die dem Knoten zugeordnet ist, verglichen. Wenn die bestimmte Priorität, die im Schritt **604** zugewiesen worden ist, kleiner ist als die aktuelle Abtastpriorität, oder die bestimmte Priorität größer ist als die Priorität der Straße, die dem Knoten zugeordnet ist, dann rückt der Prozess im Schritt **608** vor; ansonsten rückt der Prozess zum Schritt **610** vor. Im Schritt **608** wird die aktuelle Priorität des Knotens auf die im Schritt **604** zugewiesene bestimmte Priorität gesetzt. Diese aktuelle Priorität wird in einer temporären Datei in einem vom Prozessor lesbaren Speichermedium gespeichert. Im Schritt **610** wird die aktuelle Priorität des Knotens, die anfangs gleich der Priorität der dem Knoten zugeordneten Straße gesetzt worden ist, nicht verändert. Diese aktuelle Priorität wird ebenfalls in dem vom Prozessor lesbaren Speichermedium gespeichert.

[0077] Nach Abschluss des Schritts **420** der [Fig. 9B](#) führt der Abkürzungsgenerator **22** den Schritt **422** aus, der das Auffinden aller Knoten mit der aktuellen Abtastpriorität oder höher und das erneute Sortieren dieser Knoten ähnlich der im Schritt **400** durchgeführten Sortierung umfasst. Im Schritt **424** wählt der Abkürzungsgenerator **22** einen der im Schritt **422** identifizierten Knoten aus. Im Schritt **426** findet der Abkürzungsgenerator **22** alle Nachbarn des im Schritt **424** ausgewählten Knotens, die mittels einer Verbindung mit der Benutzungspriorität bei der aktuellen Abtastpriorität oder höher erreicht werden können. Im Schritt **428** wird einer dieser Nachbarn ausgewählt. Im Schritt **430** durchläuft der Abkürzungsgenerator **22** eine Vorwärtsverbindung ausgehend von diesem Nachbarn und bewegt sich weiter auf Vorwärtsverbindungen, bis sich eine Wahlmöglichkeit von Verbindungen bei der aktuellen Abtastpriorität oder höher ergibt. Sobald eine Wahlmöglichkeit erreicht ist, wird im Schritt **432** eine zusammengesetzte Verbindung erzeugt. Die zusammengesetzte Verbindung beginnt bei dem im Schritt **424** gewählten Knoten und endet dort, wo sich die Auswahlmöglichkeit der Verbindungen befindet (siehe Schritt **430**).

[0078] Im Schritt **434** erzeugt das System zusätzliche zusammengesetzte Verbindungen für "ankommende Knoten". Der Abkürzungsgenerator **22** betrachtet alle Knoten, die eine Bewegung in eine Kreuzung repräsentieren, die der Beginn einer zusammengesetzten Verbindung ist, die im Schritt **432** erstellt worden ist. Der in die Kreuzung eintretende Knoten wird als "ankommender Knoten" bezeichnet. Eine Verbindung wird vom ankommenden Knoten zu dem Knoten am Ende der zusammengesetzten Verbindung, die im Schritt **432** erstellt worden ist, hinzugefügt. Diese hinzugefügte Verbindung ist die zusätzliche zusammengesetzte Verbindung, die im Schritt **434** erzeugt worden ist. Wenn der ankommende Knoten Priorität 0 aufweist, dann wird eine Verbindung zum Beginn der neuen zusammengesetzten Verbindung des Schrittes **434** zurückverfolgt.

[0079] Im Schritt **436** werden die in den Schritten **432** und **434** erzeugten zusammengesetzten Verbindungen in einem vom Prozessor lesbaren Speichermedium gespeichert. In einer Ausführungsform werden die zusam-

mengesetzten Verbindungen im Schritt **436** und die neuen Prioritäten im Schritt **608** in temporären Dateien gespeichert, und im Schritt **356** permanent (oder semi-permanent) in den erweiterten Kartendaten **24** gespeichert. In einer weiteren Ausführungsform enthält der Prozess der vorliegenden Erfindung nicht den Schritt **356**, wobei die Schritte **436** und **608** den Prozess des Speicherns der neuen Verbindungen und Prioritäten in den erweiterten Kartendaten **24** enthalten.

[0080] Nach Schritt **436** der [Fig. 9B](#) bestimmt der Abkürzungsgenerator **22**, ob weitere Nachbarn zu betrachten sind (siehe Schritt **426**). Wenn weitere Nachbarn zu betrachten sind, kehrt der Prozess zum Schritt **428** zurück. Wenn keine weiteren Nachbarn zu betrachten sind, kehrt der Prozess zum Schritt **442** zurück und bestimmt, ob weitere Knoten (der in Schritt **422** gefundenen Knoten) zu betrachten sind. Wenn keine weiteren Knoten zu betrachten sind, dann ist der Prozess der [Fig. 9A](#)–[Fig. 9B](#) abgeschlossen. Wenn weitere Knoten zu betrachten sind, dann kehrt der Prozess zum Schritt **424** zurück.

[0081] Wie deutlich wird, arbeitet der Abkürzungsgenerator **22** mit einem Prozess Niveau für Niveau. Der Abkürzungsgenerator **22** findet alle Abkürzungen auf Niveau 2, die Straßen des Niveaus 1 verwenden. Anschließend rückt der Abkürzungsgenerator **22** zu Niveau 3 vor und findet alle Abkürzungen auf Niveau 3, die Straßen des Niveaus 2 verwenden (einschließlich derjenigen, die vorher aufgestiegen sind), usw.

[0082] Der Abkürzungsgenerator der vorliegenden Erfindung kann in Hardware und/oder Software implementiert sein. In einer Implementierung kann das System einen dedizierten Prozessor umfassen, der Prozessorebefehle zur Ausführung der hier beschriebenen Funktionen enthält. Es können auch Schaltungen entwickelt werden, um die hier beschriebenen Funktionen auszuführen. In einer Ausführungsform ist die vorliegende Erfindung Teil eines Navigationssystems. Beispiele für Navigationssysteme sind im US-Patent Nr. 4.796.191, Vehicle Navigation System And Method; US-Patent Nr. 4.914.605, Map Display Apparatus And Method; US-Patent Nr. 5.311.195, Combined Relative And Absolute Positioning Method And Apparatus; und in der US-Patentanmeldung mit der laufenden Nummer 08/747.161, Navigation System Using GPS Data, beschrieben, die hiermit alle durch Literaturhinweis eingefügt sind. In einer weiteren Implementierung enthält die vorliegende Erfindung mehrere vom Prozessor ausführbare Befehle zur Verwendung mit einem Computersystem. Vor dem Laden in ein Computersystem kann sich die Software auf einem computerlesbaren Medium befinden, wie z. B. einer magnetischen Diskette, einem Magnetband und einem CD-ROM.

[0083] [Fig. 14](#) zeigt ein Blockdiagramm auf hoher Ebene für ein Computersystem, das verwendet werden kann, um den Abkürzungsgenerator und/oder das Wegfindungssystem zu implementieren. Das Computersystem der [Fig. 14](#) enthält eine Prozessoreinheit **712** und einen Hauptspeicher **714**. Die Prozessoreinheit **712** kann einen einzelnen Mikroprozessor enthalten, oder kann mehrere Mikroprozessoren enthalten, um das Computersystem als Multiprozessorsystem zu konfigurieren. Der Hauptspeicher **714** speichert zum Teil Befehle und Daten für die Ausführung durch die Prozessoreinheit **712**. Wenn das System der vorliegenden Erfindung vollständig oder teilweise mittels Software implementiert ist, speichert der Hauptspeicher **714** während des Betriebs den ausführbaren Code. Der Hauptspeicher **714** kann Bänke von dynamischem Schreib/Lese-Speicher (DRAM) sowie Hochgeschwindigkeits-Cache-Speicher enthalten.

[0084] Das System der [Fig. 14](#) enthält ferner eine Massenspeichervorrichtung **716**, Peripheriegeräte **718**, Eingabevorrichtungen **720**, tragbare Speichermediumlaufwerke **722**, ein Graphikuntersystem **724** und eine Ausgabeanzeigevorrichtung **726**. Der Einfachheit halber sind die in [Fig. 14](#) gezeigten Komponenten über einen einzigen Bus **728** verbunden dargestellt. Die Komponenten können jedoch über ein oder mehrere Datentransportmittel verbunden sein. Zum Beispiel können die Prozessoreinheit **712** und der Hauptspeicher **714** über einen lokalen Mikroprozessorkanal verbunden sein, während die Massenspeichervorrichtung **716**, die Peripheriegeräte **718**, die tragbaren Speichermediumlaufwerke **722** und das Graphikuntersystem **724** über ein oder mehrere Eingabe/Ausgabe-(E/A)-Busse verbunden sein können. Die Massenspeichervorrichtung **716**, die mittels eines Magnetplattenlaufwerks oder eines Optikplattenlaufwerks implementiert sein kann, ist eine nichtflüchtige Speichervorrichtung zum Speichern von Daten und Befehlen zur Verwendung durch die Prozessoreinheit **712**. In einer Ausführungsform speichert die Massenspeichervorrichtung **716** die System-Software zur Implementierung der vorliegenden Erfindung zum Zweck des Ladens in den Hauptspeicher **714**.

[0085] Das tragbare Speichermediumlaufwerk **722** arbeitet in Verbindung mit einem tragbaren nichtflüchtigen Speichermedium, wie z. B. einer Diskette, um Daten und Code in das Computersystem der [Fig. 14](#) einzugeben und aus diesem auszugeben. In einer Ausführungsform ist die System-Software zum Implementieren der vorliegenden Erfindung auf einem solchen tragbaren Medium gespeichert und wird über das tragbare Speichermediumlaufwerk **722** in das Computersystem eingegeben. Peripheriegeräte **718** können irgendeinen Typ von Computerunterstützungsvorrichtung enthalten, wie z. B. eine Eingabe/Ausgabe-(E/A)-Schnittstelle, um dem

Computersystem zusätzliche Funktionalität zu verleihen. Zum Beispiel können die Peripheriegeräte **18** eine Netzwerkschnittstellenkarte für die Verbindung des Computersystems mit einem Netzwerk, einem Modem und dergleichen enthalten.

[0086] Die Eingabevorrichtung(en) **720** stellt bzw. stellen einen Teil einer Benutzerschnittstelle zur Verfügung. Eingabevorrichtung(en) **720** können eine alphanumerische Tastatur zum Eingeben alphanumerischer und anderer Schlüsselinformationen, oder eine Zeigevorrichtung, wie z. B. eine Maus, eine Rollkugel, einen Schreibgriffel oder Cursor-Richtungstasten enthalten. Um Text- und Graphikinformationen anzuzeigen, enthält das Computersystem der [Fig. 14](#) ein Graphikuntersystem **427** und eine Ausgabeanzeigevorrichtung **726**. Die Ausgabeanzeigevorrichtung **726** kann eine Katodenstrahlröhren-(CRT)-Anzeigevorrichtung, eine Flüssigkristallanzeigevorrichtung (LCD) oder eine andere geeignete Anzeigevorrichtung enthalten. Das Graphikuntersystem **724** empfängt Text- und Graphikinformationen und verarbeitet die Informationen für die Ausgabe auf der Anzeigevorrichtung **726**. Die Ausgabeanzeigevorrichtung **726** kann verwendet werden, um die Ergebnisse einer Wegfindungsbestimmung zu melden, eine Karte anzuzeigen, Richtungen anzuzeigen, Bestätigungsinformationen anzuzeigen und/oder andere Informationen anzuzeigen, die Teil einer Benutzerschnittstelle sind. Das System der [Fig. 14](#) enthält ferner ein Audiosystem **728**, das ein Mikrofon enthält. In einer Ausführungsform enthält das Audiosystem **728** eine Klangkarte, die Audiosignale vom Mikrofon empfängt. Außerdem enthält das System der [Fig. 14](#) eine Ausgabevorrichtung **732**. Beispiele geeigneter Ausgabevorrichtungen umfassen Lautsprecher, Drucker und dergleichen.

[0087] Die im Computersystem der [Fig. 14](#) enthaltenen Komponenten sind diejenigen, die in Universalcomputersystemen typischerweise zu finden sind, und sollen eine breite Kategorie solcher Computerkomponenten repräsentieren, die in der Technik wohlbekannt sind. Das Computersystem der [Fig. 14](#) kann somit ein Personalcomputer, eine Arbeitsstation, ein Minicomputer, ein Großrechner und dergleichen sein. Der Computer kann ferner unterschiedliche Buskonfigurationen, vernetzte Plattformen, Multiprozessorplattformen und dergleichen enthalten. Verschiedene Betriebssysteme können verwendet werden, einschließlich Unix, Linux, Windows, Macintosh OS und andere geeignete Betriebssysteme.

[0088] Die vorangehende genaue Beschreibung der Erfindung wurde zum Zweck der Erläuterung und der Beschreibung präsentiert. Sie soll nicht erschöpfend sein oder die Erfindung auf die genaue offenbare Form beschränken, wobei offensichtlich viele Modifikationen und Variationen hinsichtlich der obigen Lehre möglich sind. Die beschriebenen Ausführungsformen wurden gewählt, um die Prinzipien der Erfindung und ihre praktische Anwendung am besten zu erläutern, um somit andere Fachleute zu befähigen, die Erfindung in verschiedenen Ausführungsformen und mit verschiedenen Modifikationen, wie sie für eine bestimmte beabsichtigte Anwendung geeignet sind, am besten zu nutzen. Der Umfang der Erfindung soll durch die beigefügten Ansprüche definiert sein.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Hinzufügen von Abkürzungen zu einer elektronischen Karte, das die folgenden Schritte umfasst:

Speichern eines Satzes von Knoten und Verbindungen der elektronischen Karte, wobei den Verbindungen Verbindungsrioritäten zugeordnet sind; und

Erkunden nach außen von den Knoten unter Verwendung eines Prozessors, wobei das Verfahren **dadurch gekennzeichnet** ist, dass der Schritt des Erkundens das Bestimmen, welche Knoten nicht nützlich sind, einschließt;

Erzeugen neuer Verbindungsrioritäten für einen Satz der Verbindungen, die während des Erkundens durchlaufen wurden und nicht bei einem als nicht nützlich bestimmten Knoten enden;

Aufbauen von zusammengesetzten Verbindungen, wobei die zusammengesetzten Verbindungen eine oder mehrere Verbindungen mit den neuen Verbindungsrioritäten enthalten; und

Speichern der zusammengesetzten Verbindungen in der elektronischen Karte, wobei die zusammengesetzten Verbindungen die Abkürzungen repräsentieren.

2. Verfahren nach Anspruch 1, das ferner die folgenden Schritte umfasst:

Speichern von Knotenprioritäten für die Knoten in der elektronischen Karte;

Erzeugen neuer Knotenprioritäten für einen Satz der Knoten, die durch eine oder mehrere der Verbindungen mit neuer Verbindungsriorität verbunden sind; und

Speichern der neuen Knotenprioritäten in der elektronischen Karte.

3. Verfahren nach Anspruch 2, das ferner den folgenden Schritt umfasst:

Speichern einer oder mehrerer Kehrtwendung- bzw. Wende-Angaben für Wege, die während des Erkundens durchlaufen werden und ein Wenden enthalten, wobei der Schritt des Erzeugens neuer Verbindungsrioritäten keine Verbindungen auf Wegen berücksichtigt, denen gespeicherte Wende-Angaben zugeordnet sind.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, das ferner den folgenden Schritt umfasst:

Empfangen einer ursprünglichen Kartendatei, wobei die ursprüngliche Kartendatei die Knoten in der elektronischen Karte enthält; wobei die Schritte des Speicherns der neuen Knotenprioritäten und des Speicherns der zusammengesetzten Verbindungen das Erzeugen einer neuen Datei enthalten; und wobei die neue Datei die neuen Knotenprioritäten, die zusammengesetzten Verbindungen und die Knoten in der elektronischen Karte aus der ursprünglichen Kartendatei enthält.

5. Verfahren nach einem vorhergehenden Anspruch, bei dem:

der Schritt des Aufbauens von zusammengesetzten Verbindungen das Durchlaufen aufeinanderfolgender Verbindungen bis zum Auftreten einer Wahl zwischen Verbindungen zumindest mit einer Abtastpriorität sowie das Aufbauen einer neuen Verbindung, die eine Bewegung längs der durchlaufenen aufeinanderfolgenden Verbindungen repräsentiert, umfasst.

6. Verfahren nach einem vorhergehenden Anspruch, bei dem der Schritt des Erkundens nach außen die folgenden Schritte umfasst:

Setzen einer Nützlichkeit für einen Satz von Knoten auf unendlich vor dem Erkunden;

Prüfen der Nützlichkeit eines bestimmten Knotens, wenn der bestimmte Knoten während des Erkundens durchlaufen wird;

Ändern der Nützlichkeit des bestimmten Knotens, falls der bestimmte Knoten nicht nützlich ist;

Prüfen der Nützlichkeit eines oder mehrerer Knoten hinter dem bestimmten Knoten, falls der bestimmte Knoten nicht nützlich ist; und

Ändern der Nützlichkeit geeigneter Knoten des einen oder der mehreren Knoten hinter dem bestimmten Knoten, falls die geeigneten Knoten des einen oder der mehreren Knoten hinter dem bestimmten Knoten nicht nützlich sind.

7. Verfahren nach einem vorhergehenden Anspruch, bei dem der Schritt des Erzeugens neuer Verbindungsrioritäten die folgenden Schritte umfasst:

Identifizieren einer ersten Gruppe von Knoten, wobei die Knoten der ersten Gruppe während des Schrittes des Erkundens besucht wurden und sich auf einem aktuellen Abtastniveau oder höher befinden;

Zurückverfolgen auf Wegen zu der ersten Gruppe von Knoten;

Ändern von Prioritäten auf eine aktuelle Abtastpriorität für Verbindungen längs der Wege zu der ersten Gruppe von Knoten, die eine Priorität haben, die gleich einem Niveau unterhalb der aktuellen Abtastpriorität ist.

8. Verfahren nach Anspruch 2 oder einem der Ansprüche 3 bis 7, wenn abhängig von Anspruch 2, wobei der Schritt des Erzeugens neuer Knotenprioritäten die folgenden Schritte umfasst:

Untersuchen von Vorwärtsverbindungen für einen gerade betrachteten Knoten;

Bestimmen eines höchsten Prioritätsniveaus, dass eine Wahl besteht, anhand des Untersuchungsschrittes;

Setzen der neuen Knotenpriorität auf die bestimmte höchste Priorität, falls die bestimmte höchste Priorität niedriger als eine aktuelle Abtastpriorität ist.

9. Verfahren nach Anspruch 8, bei dem:

die Schritte des Untersuchens von Vorwärtsverbindungen, des Bestimmens eines höchsten Prioritätsniveaus und des Setzens einer neuen Knotenpriorität für jeden Knoten auf einem aktuellen Abtastniveau ausgeführt werden.

10. Verfahren nach Anspruch 2 oder einem davon abhängigen Anspruch, bei dem:

die Schritte des Erkundens nach außen, des Erzeugens neuer Verbindungsrioritäten, des Erzeugens neuer Knotenprioritäten und des Aufbauens von zusammengesetzten Verbindungen auf jedem von mehreren Abtastniveaus ausgeführt werden.

11. Verfahren nach Anspruch 10, das ferner den folgenden Schritt umfasst:

Identifizieren jedes Knotens auf einem aktuellen Abtastniveau, bevor der Schritt des Erkundens auf dem aktuellen Abtastniveau ausgeführt wird, wobei der Schritt des Erkundens bei jedem Knoten, der in dem Identifizierungsschritt identifiziert wird, ausgeführt wird.

12. Verfahren nach einem vorhergehenden Anspruch, das ferner umfasst:

Speichern einer Bezeichnung eines Ausgangspunkts in der elektronischen Karte;
Speichern einer Bezeichnung eines Zielpunkts in der elektronischen Karte;
Bestimmen eines Wegs von dem Ausgangspunkt zu dem Zielpunkt, wobei der Weg wenigstens eine der zusammengesetzten Verbindungen enthält; und
Melden des Wegs.

13. Verfahren nach Anspruch 1, das umfasst:

Zuweisen von Knotenprioritäten zu Knoten in der elektronischen Karte; wobei die Knoten durch Verbindungen verbunden sind, wobei die Verbindungen Verbindungsrioritäten haben;
Speichern einer oder mehrerer Wende-Angaben für Wege, die während des Erkundens durchlaufen werden und die ein Wenden enthalten;
wobei der Schritt des Erzeugens neuer Verbindungsrioritäten keine Wege berücksichtigt, denen gespeicherte Wende-Angaben zugeordnet sind;
Erzeugen neuer Knotenprioritäten für eine Menge der Knoten, die durch eine oder mehrere der Verbindungen mit einer neuen Verbindungsriorität verbunden sind; und
Speichern der neuen Knotenprioritäten in der elektronischen Karte.

14. Speichermedium, das durch einen Prozessor lesbar ist und das eine elektronische Karte speichert, wobei die elektronische Karte Abkürzungen enthält, die zu der elektronischen Karte in Übereinstimmung mit dem Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche hinzugefügt wurden.

Es folgen 10 Blatt Zeichnungen

Fig. 1

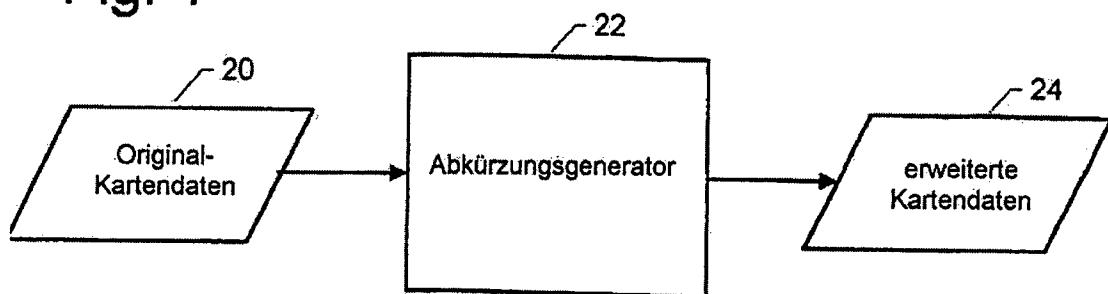


Fig. 2

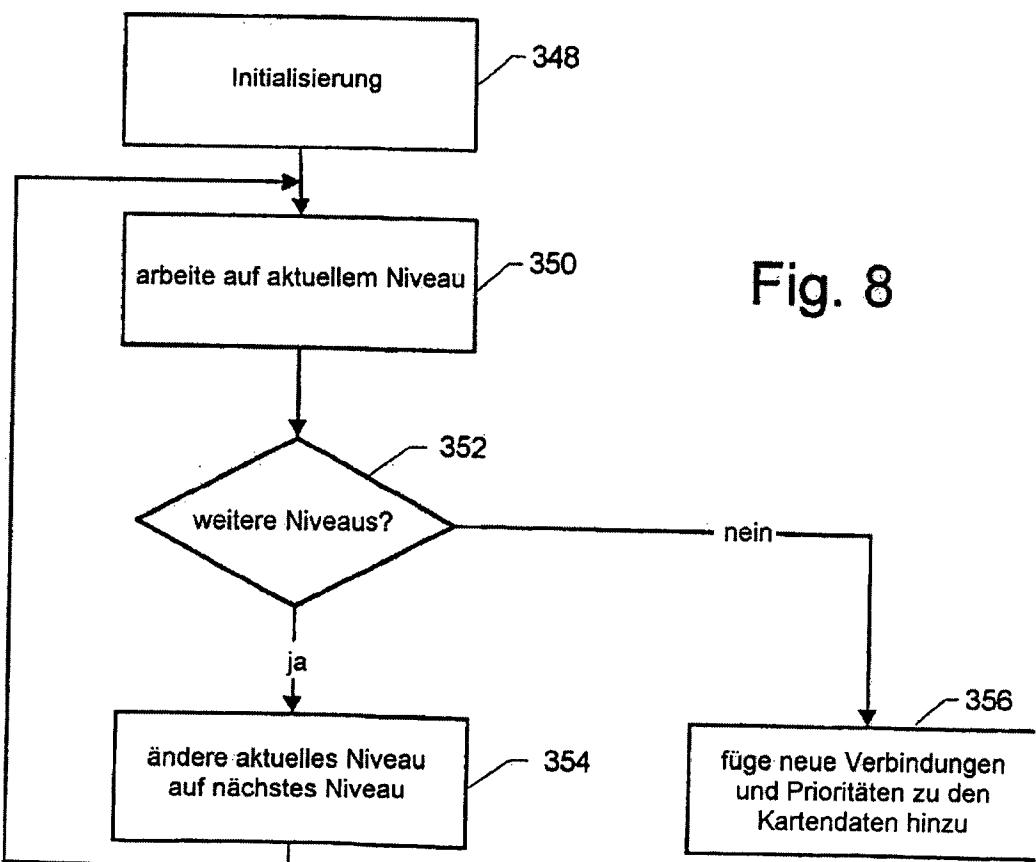
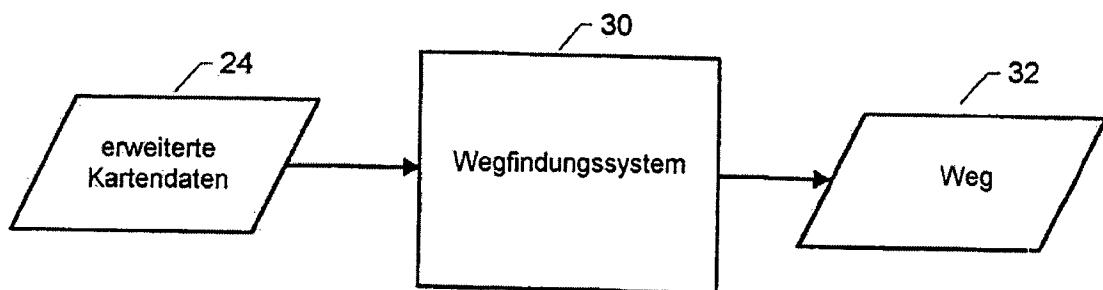


Fig. 8

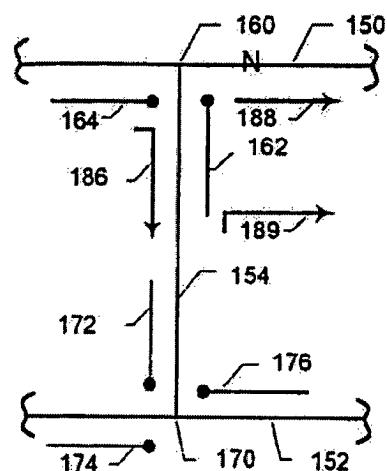


FIG. 3

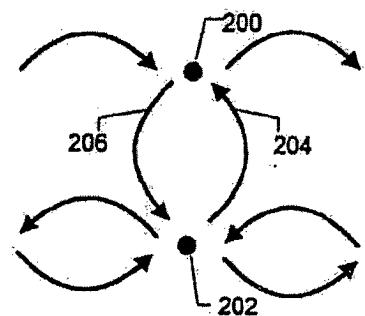


FIG. 4

FIG. 5

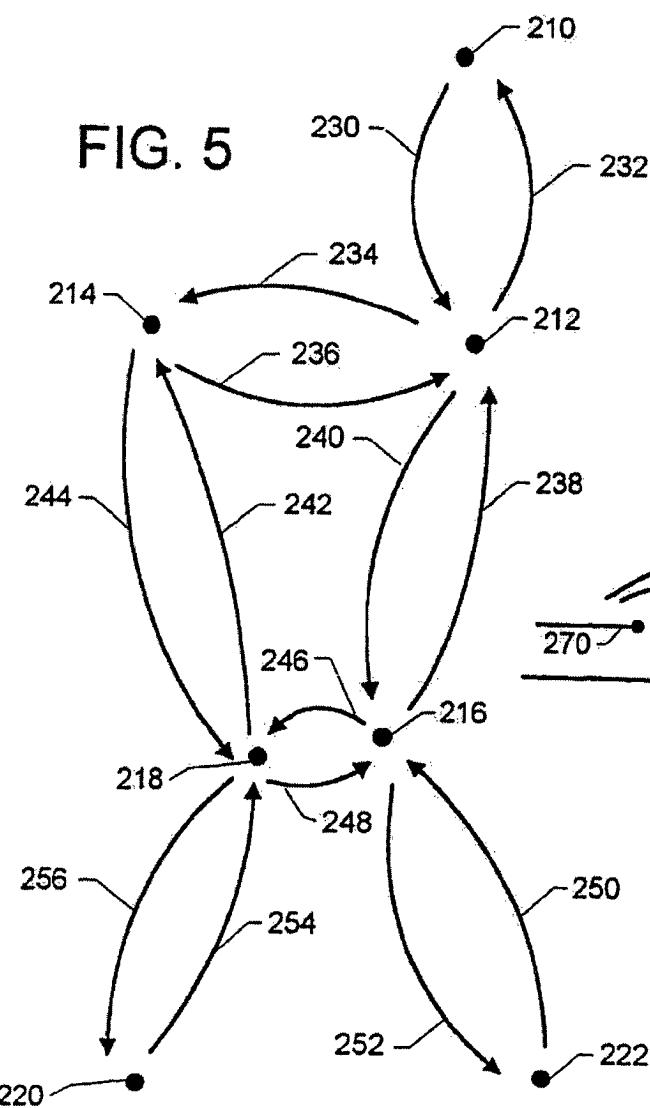
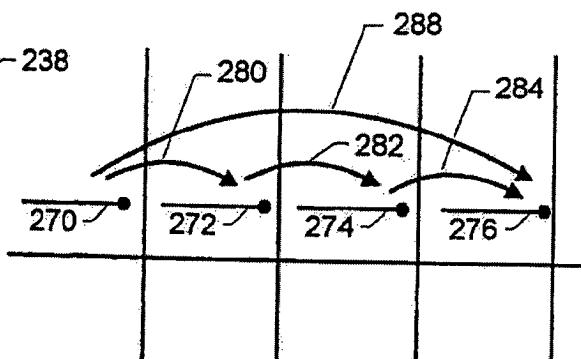


FIG. 6



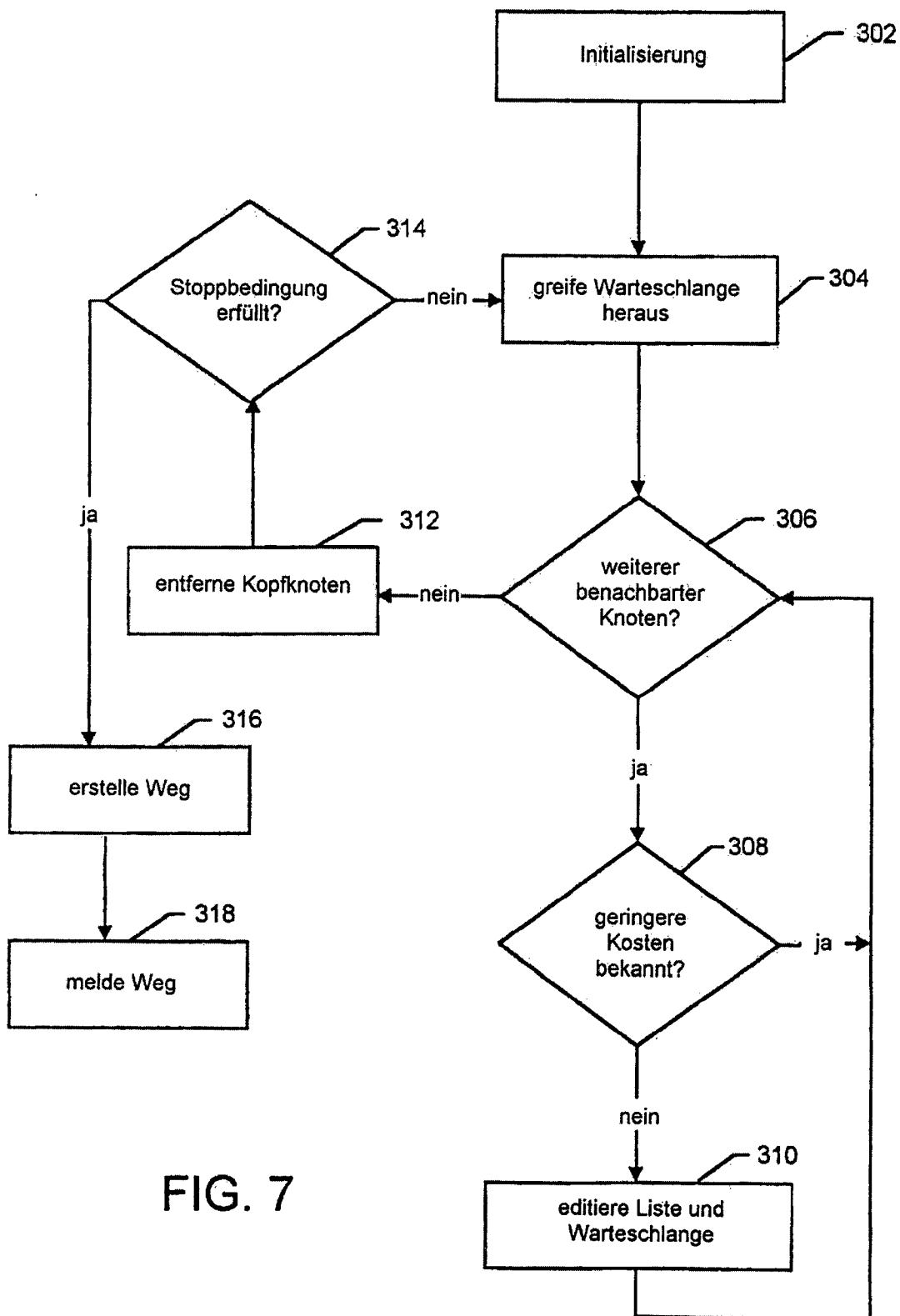


FIG. 7

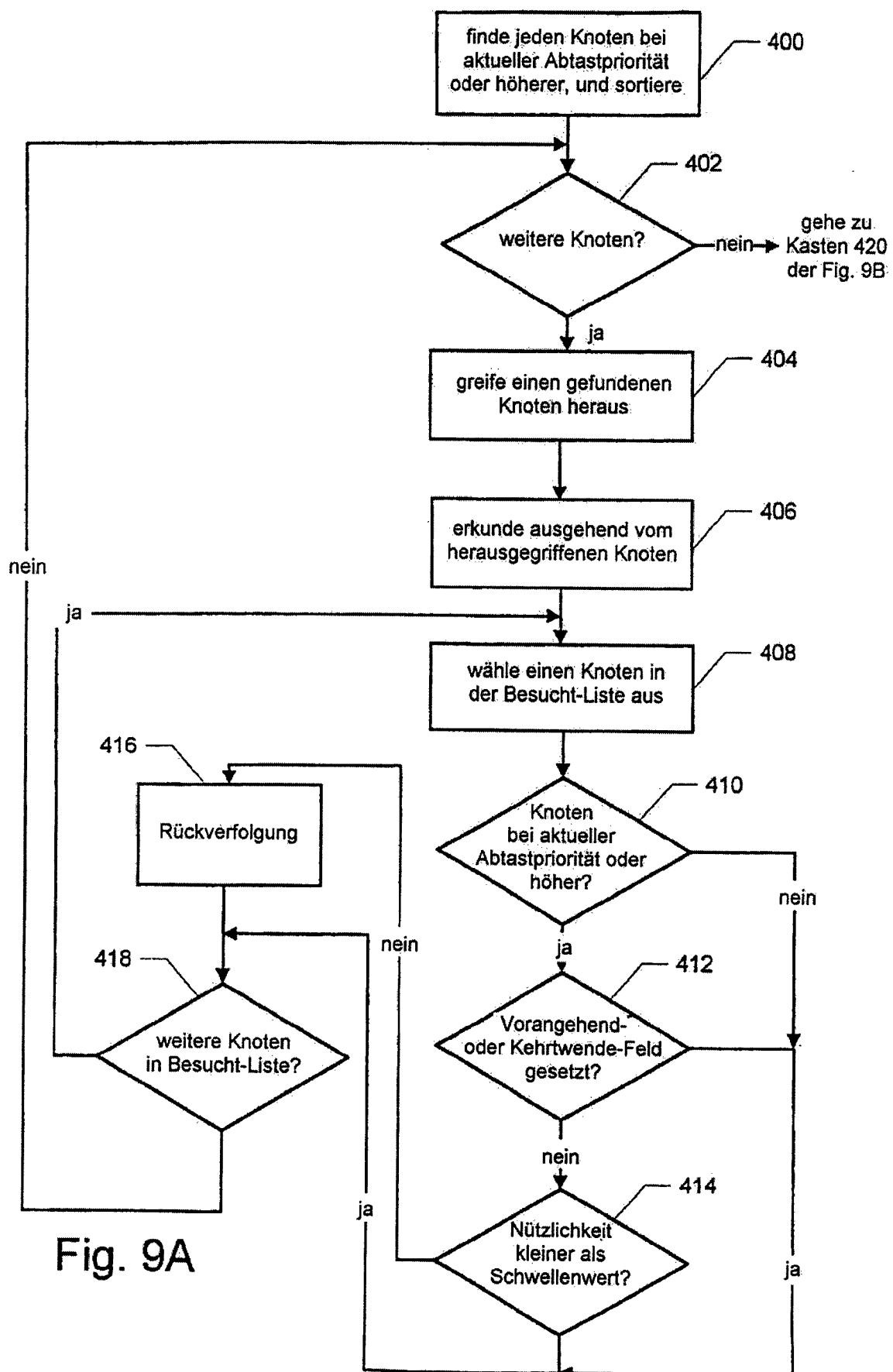


Fig. 9A

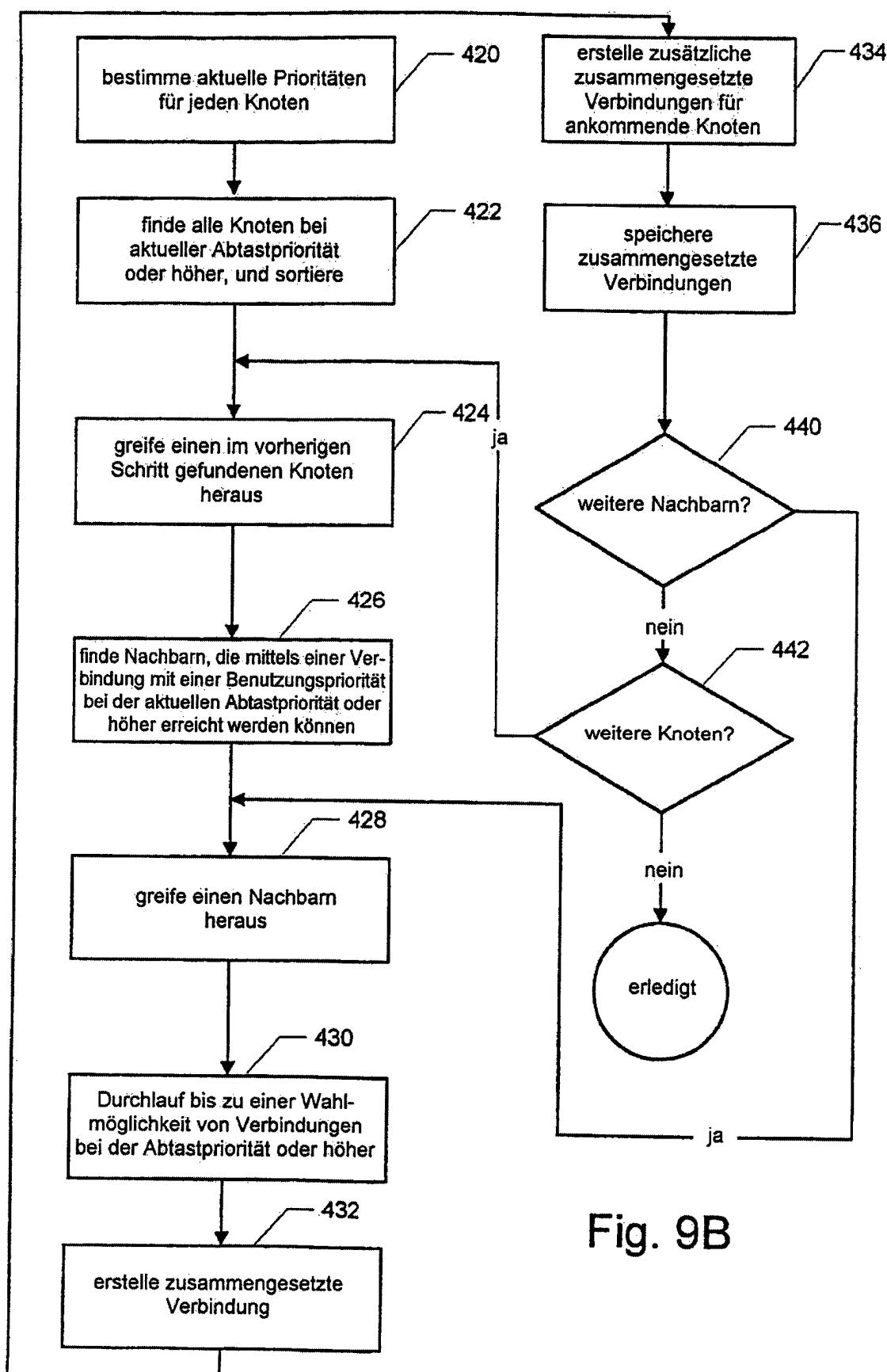


Fig. 9B

Fig. 10

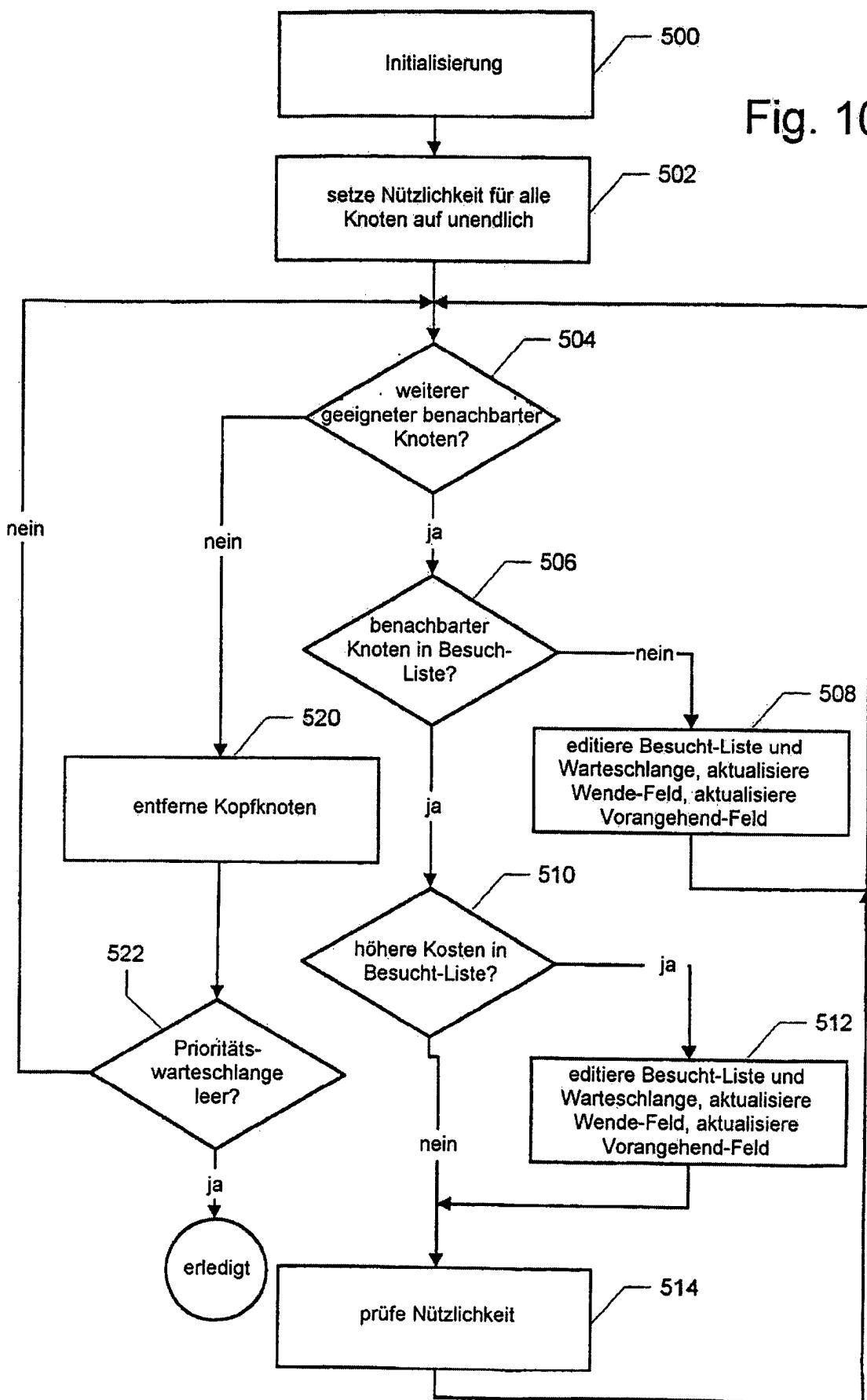


Fig. 11

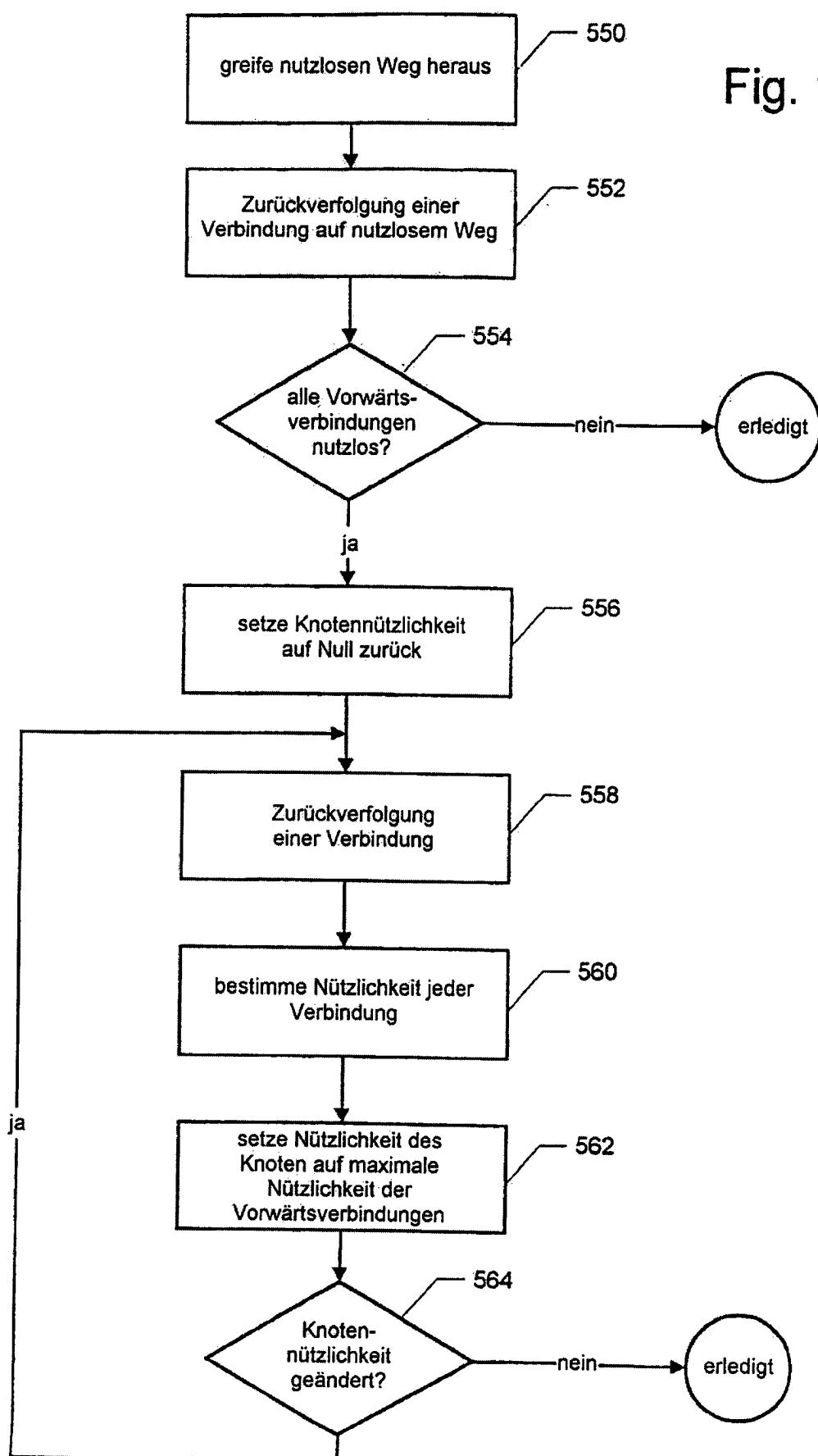


Fig. 12

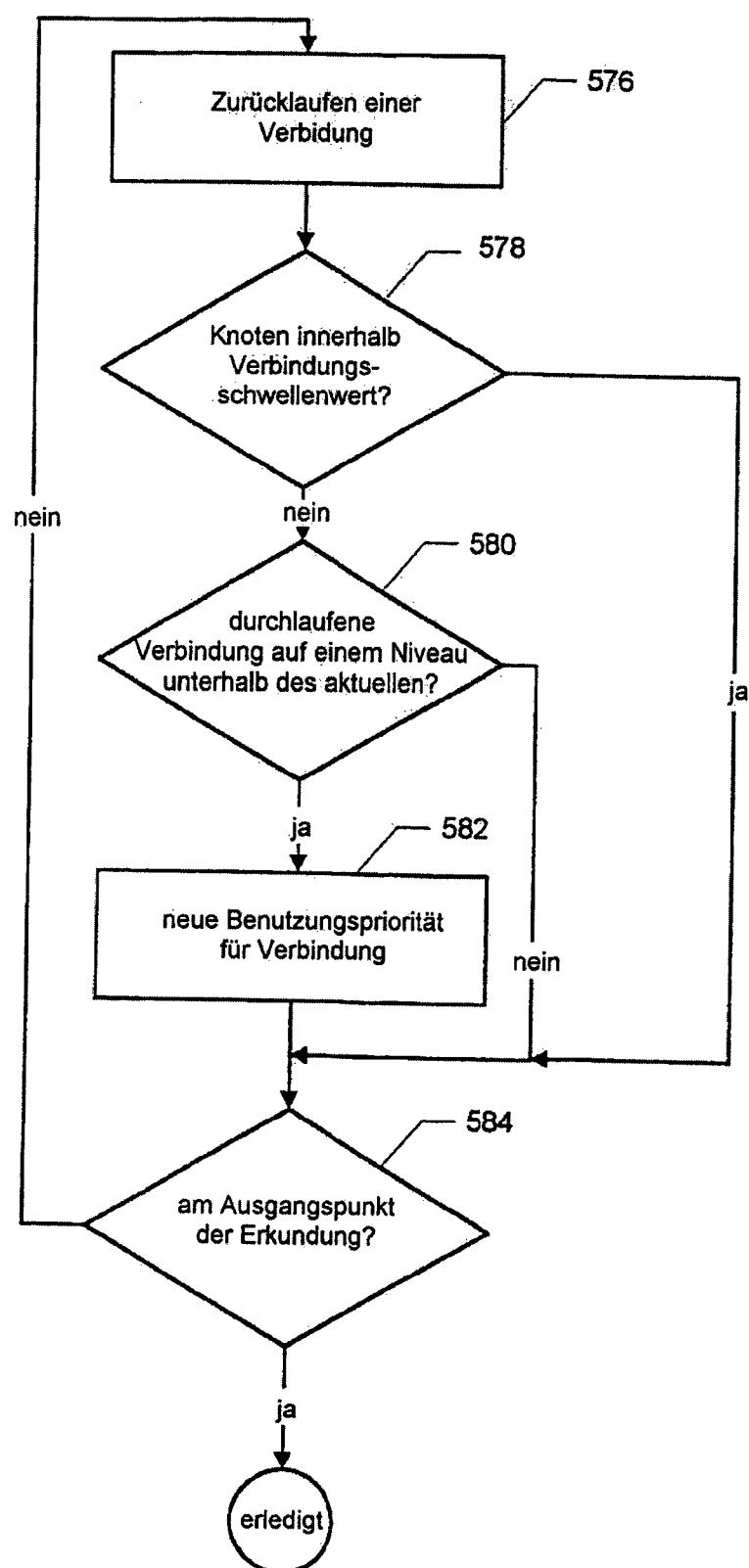


Fig. 13A

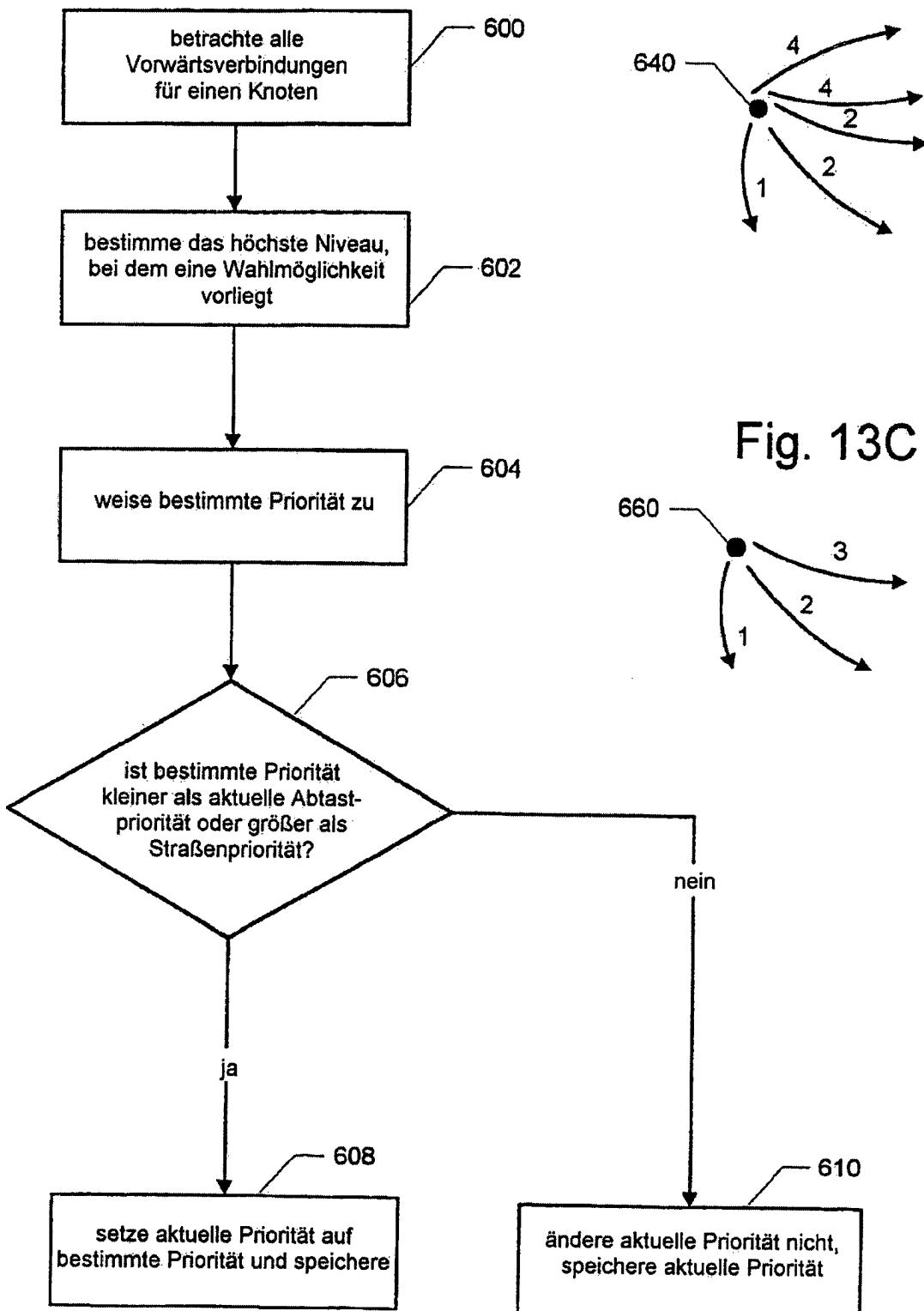


Fig. 13B

Fig. 13C

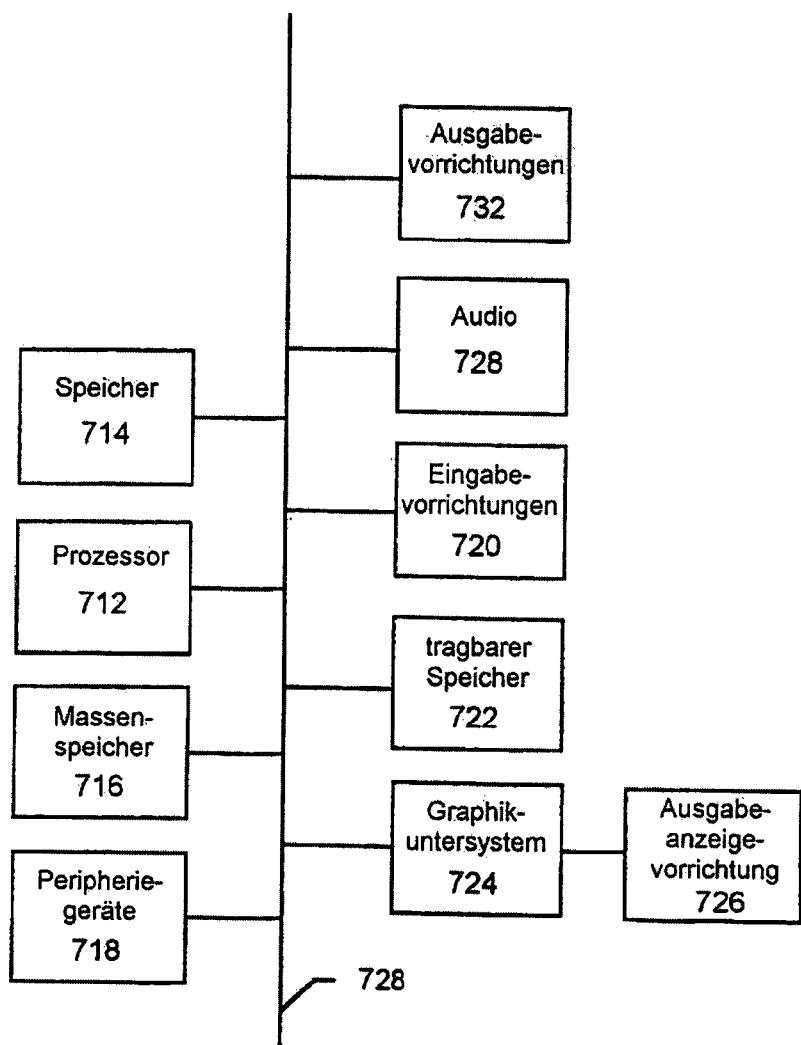


FIG. 14