

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
3. Juli 2003 (03.07.2003)

PCT

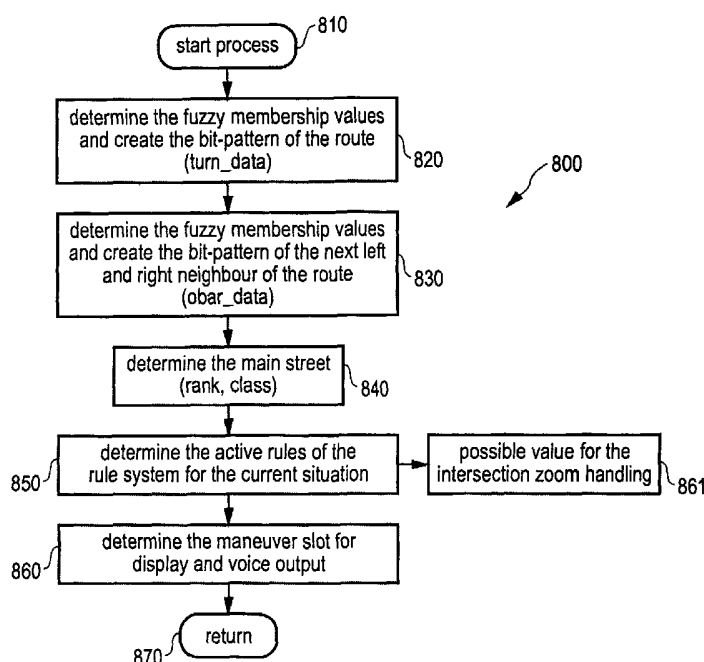
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 03/054479 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: G01C 21/34, (72) Erfinder; und
G06F 17/60 (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): MAYER, Wolfgang [DE/DE]; Otto-Carl-Schulz-Str. 16, 92224 Amberg (DE). HARTMANN, Martin [DE/DE]; Scheide-Lahn-Str. 29, 35688 Dillenburg (DE). APPL, Martin [DE/DE]; Putzbrunner Strasse 16, 81737 München (DE). MOSIS, Torsten [DE/DE]; Carl-Thiel-Str. 5, 93053 Regensburg (DE). HEESCHE, Kai [DE/DE]; Raintaler Str. 21, 81539 München (DE). LENZ, Henning [DE/DE]; Zentnerstrasse 27, 80798 München (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE02/04421
- (22) Internationales Anmeldedatum:
3. Dezember 2002 (03.12.2002)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
101 59 872.6 6. Dezember 2001 (06.12.2001) DE
- (74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE). (81) Bestimmungsstaaten (national): CN, JP, US.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND ASSEMBLY, IN ADDITION TO COMPUTER PROGRAM COMPRISING PROGRAM-CODE MEANS AND COMPUTER-PROGRAM PRODUCT FOR DETERMINING MANEUVER INFORMATION FROM A RECORD OF PREDETERMINABLE MANEUVER INFORMATION FOR A MOBILE UNIT USING FUZZY LOGIC

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND ANORDNUNG SOWIE COMPUTERPROGRAMM MIT PROGRAMMCODE-MITTELN UND COMPUTERPROGRAMM-PRODUKT ZUR ERMITTLUNG EINER MANÖVERINFORMATION AUS EINEM SATZ VON VORGEBBAREN MANÖVERINFORMATIONEN FÜR EINE MOBILE EINHEIT UNTER VERWENDUNG VON FUZZY-LOGIK



(57) Abstract: According to the invention, primary route information, which describes a primary route of a mobile unit, is determined for said mobile unit. The primary route information is then evaluated using fuzzy logic, determining the maneuver information.

(57) Zusammenfassung: Bei der Erfindung wird für eine mobile Einheit eine Hauptfahrweginformation, welche einen Hauptfahrweg der mobilen Einheit beschreibt, ermittelt. Anschließend wird die Hauptfahrweginformation unter Verwendung von Fuzzy-Logik ausgewertet, wobei die Manöverinformation ermittelt wird.



WO 03/054479 A1



(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SI, SK, TR).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

- hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii) für die folgenden Bestimmungsstaaten CN, JP, europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SI, SK, TR)
- Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv) nur für US

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Beschreibung

Verfahren und Anordnung sowie Computerprogramm mit Programmcode-Mitteln und Computerprogramm-Produkt zur Ermittlung einer Manöverinformation aus einem Satz von vorgebbaren Manöverinformationen für eine mobile Einheit unter Verwendung von Fuzzy-Logik

Die Erfindung betrifft eine Ermittlung einer Manöverinformation aus einem Satz von vorgebbaren Manöverinformationen für eine mobile Einheit.

Eine solche Ermittlung einer Manöverinformation für eine mobile Einheit, beispielsweise für ein Kraftfahrzeug, wird im allgemeinen als Manövergenerierung bezeichnet und in diesem Fall in einem Kraftfahrzeugnavigationssystem eingesetzt.

Ein Kraftfahrzeugnavigationssystem mit einer solchen Manövergenerierung ist aus [1] bekannt.

Dieses Kraftfahrzeugnavigationssystem umfasst verschiedene Module, ein erstes für eine Positionsbestimmung, ein zweites Modul für eine Routenplanung und ein drittes Modul für die Manövergenerierung.

Bei der Positionsermittlung durch das erste Modul wird eine aktuelle, tatsächlich eingenommene Position des Kraftfahrzeugs ermittelt, eine entsprechende Kartenposition in einer digitalen Karte, welche Kartenposition der tatsächlichen Position des Kraftfahrzeugs entspricht, bestimmt (Map Matching) und ein Ausschnitt der digitalen Karte mit der bestimmten Kartenposition einem Fahrer des Kraftfahrzeugs angezeigt.

Als Anzeigesysteme werden beispielsweise Bildschirme, Monitore oder Displays verwendet.

Map Matching Verfahren sind aus [2] und [3] bekannt.

Bei der Routenplanung durch das zweite Modul wird für einen Startpunkt des Kraftfahrzeugs sowie für einen Zielpunkt des Kraftfahrzeugs ein Fahrweg, eine sogenannte Route, welche den Startpunkt in geeigneter Weise mit dem Zielpunkt verbindet, beispielsweise durch einen kürzesten Weg, geplant bzw. ermittelt. Die geplante bzw. ermittelte Route wird dem Fahrer des Kraftfahrzeugs ebenfalls in der digitalen Karte angezeigt.

10 Bei der Manövergenerierung durch das dritte Modul werden Anweisungen für den Fahrer, sogenannte Manöveranweisungen oder Manöverinformationen, ermittelt, welche den Fahrer entlang der geplanten Route zum Zielpunkt führen.

15 Die Manöveranweisungen, beispielsweise eine Anweisung für eine Geradeaus-Fahrt (Straight, S), eine Anweisung für ein Links- (Left, L) bzw. Rechts-Abbiegen (Right, R) oder eine Anweisung für ein Wendemanöver (U-Turn, U), werden dem Fahrer während seiner Fahrt beim Erreichen ausgewählter Orte der Route optisch angezeigt, beispielsweise durch eine visuelle Ausgabe in Form von Pfeilen oder Balkendiagrammen auf einem Bildschirm, wie bei dem aus [1] bekannten Kraftfahrzeugnavigationssystem, sowie akustisch übermittelt, beispielsweise durch eine Sprachausgabe.

25

Insbesondere an Fahrwegkreuzungen der geplanten Route, an welchen meist mehrere Fahrwegalternativen zusammenlaufen und für eine Weiterfahrt möglich sind, sind diese Manöveranweisungen eine wertvolle Information und Orientierungshilfe für den Fahrer. Eine Manöverinformation kennzeichnet dem Fahrer den richtigen, weiterführenden Fahrweg aus den mehreren Fahrwegalternativen.

30

Bei der Ermittlung einer Manöverinformation wird bei dem aus [1] bekannten Kraftfahrzeugnavigationssystem an einem solchen ausgewählten Punkt der Route eine Richtungsänderung des wei-

35

terführenden Fahrwegverlaufs, beschrieben durch eine entsprechende Winkeländerung des Fahrwegs, ermittelt.

Für diese Winkeländerung wird die zugehörige Manöverinformation, beispielsweise (Straight, S), (Left, L), (Right, R) oder (U-Turn, U), bestimmt (Fig.3, 302). Dazu sind alle möglichen Winkeländerungen 300, d.h. Winkeländerungen von 0° Grad bis 360° Grad, in feste Winkelbereiche 301, sogenannte Winkelfenster 301, unterteilt. Jedem Winkelfenster 301 ist eine Manöverinformation 302 eindeutig zugeordnet.

Wird nun eine Winkeländerung des weiterführenden Fahrwegs ermittelt, so kann für diese das entsprechende Winkelfenster bestimmt und für dieses die zugehörige Manöverinformation ermittelt werden.

So liegt beispielsweise eine Winkeländerung 303 bzw. 304 des Fahrwegs um 90° Grad bzw. um -90° Grad (= 270° Grad) in dem Winkelfenster 60° Grad bis 120° Grad 305 bzw. in dem Winkelfenster 240° Grad bis 300° Grad 306 und führt zu einer Manöverinformation "R" 307 bzw. "L" 308.

Die Zuordnungen "Winkeländerungen 300 zu Manöverinformation 302" bzw. die Winkelfenster 301 für die Manöverinformationen 302 "S", "L", "R" und "U" sind in Fig.3 dargestellt.

Aus [4] sind Grundlagen einer Fuzzy-Logik bekannt.

Die aus [1] bekannte Vorgehensweise bei der Manövergenerierung weist aber den Nachteil auf, dass vielfach, insbesondere bei komplexen Kreuzungen des Fahrwegs mit mehreren möglichen Fahrwegalternativen, welche jeweils ähnliche Winkeländerungen aufweisen, für den Fahrer keine eindeutige Manöverinformation für den richtigen, weiterführenden Fahrweg generiert wird.

Somit liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Ermittlung einer Manöverinformation für eine mobile Ein-

heit anzugeben, welches für den Fahrer eindeutiger Manöverinformationen generiert als solche, welche bei dem beschriebenen Kraftfahrzeugnavigationssystem generiert werden.

5 Die Aufgabe wird durch das Verfahren und die Anordnung sowie durch das Computerprogramm mit Programmcode-Mitteln und das Computerprogramm-Produkt zur Ermittlung einer Manöverinformation aus einem Satz von vorgegebenen Manöverinformationen für eine mobile Einheit unter Verwendung von Fuzzy-Logik jeweils
10 mit den Merkmalen gemäß dem jeweiligen unabhängigen Patentanspruch gelöst.

Bei dem Verfahren zur Ermittlung einer Manöverinformation aus einem Satz von vorgebbaren Manöverinformationen für eine mobile Einheit unter Verwendung von Fuzzy-Logik wird eine
15 Hauptfahrweginformation, welche einen Hauptfahrweg der mobilen Einheit beschreibt, ermittelt. Anschließend wird die Hauptfahrweginformation unter Verwendung von Fuzzy-Logik ausgewertet, wobei die eine Manöverinformation ermittelt wird.

20 Bei der Fuzzy-Auswertung werden für die Hauptfahrweginformation unter Verwendung von Fuzzy-Zugehörigkeitsfunktionen erste Zugehörigkeiten ermittelt, mit welchen jeweils die Zugehörigkeit der Hauptfahrweginformation zu einer von den vorgebbaren Manöverinformationen beschrieben wird. Ferner werden die
25 ersten Zugehörigkeiten unter Verwendung von Regeln ausgewertet, wobei die eine Manöverinformation ermittelt wird.

Bei einem weiteren erfindungsgemäßen Verfahren zur Ermittlung
30 einer Manöverinformation aus einem Satz von vorgebbaren Manöverinformationen für eine mobile Einheit unter Verwendung von Fuzzy-Logik werden eine Hauptfahrweginformation, welche einen Hauptfahrweg der mobilen Einheit beschreibt, und mindestens eine Nebenfahrweginformation, welche einen zu dem Hauptfahrweg alternativen Fahrweg der mobilen Einheit beschreibt, er-
35 mittelt.

Die Hauptfahrweginformation und die Nebenfahrweginformation werden unter Verwendung von Fuzzy-Logik ausgewertet, wobei die eine Manöverinformation ermittelt wird.

5 Bei der Fuzzy-Auswertung werden für die Hauptfahrweginforma-
tion unter Verwendung von Fuzzy-Zugehörigkeitsfunktionen ers-
te Zugehörigkeiten ermittelt, mit welchen jeweils die Zugehö-
rigkeit der Hauptfahrweginformation zu einer von den vorgeb-
baren Manöverinformationen beschrieben wird. Für die Neben-
10 fahrweginformation werden unter Verwendung von den Fuzzy-
Zugehörigkeitsfunktionen zweite Zugehörigkeiten ermittelt,
mit welchen jeweils die Zugehörigkeit der Nebenfahrweginforma-
tion zu einer von den vorgebbaren Manöverinformationen be-
schrieben wird.

15

Die ersten und die zweiten Zugehörigkeiten werden unter Ver-
wendung von Fuzzy-Regeln ausgewertet, wobei die eine Manöver-
information ermittelt wird.

20 Die Anordnung zur Ermittlung einer Manöverinformation aus ei-
nem Satz von vorgebbaren Manöverinformationen für eine mobile
Einheit unter Verwendung von Fuzzy-Logik weist einen Prozes-
sor auf, der zur Durchführung folgender Schritte eingerichtet
ist:

25 - bei dem eine Hauptfahrweginformation, welche einen Haupt-
fahrweg der mobilen Einheit beschreibt, und mindestens ei-
ne Nebenfahrweginformation, welche einen zu dem Hauptfahr-
weg alternativen Fahrweg der mobilen Einheit beschreibt,
ermittelt werden,

30 - bei dem die Hauptfahrweginformation und die Nebenfahrweg-
information unter Verwendung von Fuzzy-Logik ausgewertet
werden, wobei die eine Manöverinformation ermittelt wird,
derart, dass

a) für die Hauptfahrweginformation unter Verwendung von Fuz-
35 zy-Zugehörigkeitsfunktionen erste Zugehörigkeiten ermittelt
werden, mit welchen jeweils die Zugehörigkeit der Hauptfahr-

weginformation zu einer von den vorgebbaren Manöverinformationen beschrieben wird,

b) für die Nebenfahrweginformation unter Verwendung von den Fuzzy-Zugehörigkeitsfunktionen zweite Zugehörigkeiten ermittelt werden, mit welchen jeweils die Zugehörigkeit der Nebenfahrweginformation zu einer von den vorgebbaren Manöverinformationen beschrieben wird, und

5
10 c) die ersten und die zweiten Zugehörigkeiten unter Verwendung von Fuzzy-Regeln ausgewertet werden, wobei die eine Manöverinformation ermittelt wird.

Dabei ist bei der Erfindung unter der Hauptfahrweginformation eine Information, welche einen von der mobilen Einheit zurückzulegenden Fahrweg beschreibt, zu verstehen. Unter der
15 Nebenfahrweginformation ist eine Information, welche einen zu dem zurückzulegenden Fahrweg alternativen zurücklegbaren Fahrweg beschreibt, zu verstehen.

Das Computerprogramm mit Programmcode-Mitteln ist eingerichtet, um alle Schritte gemäß dem jeweiligen erfindungsgemäßen
20 Verfahren durchzuführen, wenn das Programm auf einem Computer ausgeführt wird.

Das Computerprogramm-Produkt mit auf einem maschinenlesbaren
25 Träger gespeicherten Programmcode-Mitteln ist eingerichtet, um alle Schritte gemäß dem jeweiligen erfindungsgemäßen Verfahren durchzuführen, wenn das Programm auf einem Computer ausgeführt wird.

30 Die Anordnung sowie das Computerprogramm mit Programmcode-Mitteln, eingerichtet um alle Schritte gemäß dem jeweiligen erfinderischen Verfahren durchzuführen, wenn das Programm auf einem Computer ausgeführt wird, sowie das Computerprogramm-
35 Produkt mit auf einem maschinenlesbaren Träger gespeicherten Programmcode-Mitteln, eingerichtet um alle Schritte gemäß dem jeweiligen erfinderischen Verfahren durchzuführen, wenn das Programm auf einem Computer ausgeführt wird, sind insbesondere

re geeignet zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens oder einer seiner nachfolgend erläuterten Weiterbildungen.

Ein wesentlicher und vorteilhafter Gesichtspunkt der Erfindung ist der Einsatz von Fuzzy-Logik bei der Ermittlung einer Manöverinformation bzw. bei einer Manövergenerierung. Durch den Einsatz von Fuzzy-Logik weist die Erfindung besondere Vorteile auf.

10 Im Gegensatz zu der aus [1] bekannten "scharfen" Zuordnung von Winkeländerung zu Manöverinformation, d.h. der "scharfen" Logik bei der Manövergenerierung, bietet der Ansatz der Erfindung basierend auf Fuzzy-Logik den Vorteil, die Mengenzugehörigkeit, d.h. die Zugehörigkeit einer Winkeländerung zu einer Manöverinformation, durch Zwischenwerte zwischen falsch (0) und wahr (1) mathematisch beschreibbar zu machen.

Dabei wird zur Darstellung eines Problems, in diesem Fall der Ermittlung der Manöverinformation, neben einer numerischen oder quantitativen Beschreibung durch Zugehörigkeiten, eine qualitative Beschreibung mit unscharfen Begriffen des menschlichen Denkens herangezogen. Diese Beschreibungen ermöglichen, scharfe (nonfuzzy / crisp) und unscharfe (fuzzy) Daten formal exakt zu behandeln.

Daneben bleibt bei einer Veränderung von Fuzzy-Regeln, linguistischen Variablen oder Operatoren der Bezug zu einem Gesamtverhalten bestehen. Spezifische und individuelle Anpassungen an sich gegebenenfalls ändernde Randbedingungen sind somit einfach und flexibel möglich.

Zudem kommt die Fuzzy-Logik einer sprachlichen Ausdrucksweise des Menschen nahe, so dass insgesamt verständliche Manöverinformationen ermöglicht werden.

Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

Die im weiteren beschriebenen Weiterbildungen beziehen sich
5 sowohl auf die Verfahren als auch auf die Anordnung.

Die Erfindung und die im weiteren beschriebenen Weiterbildungen können sowohl in Software als auch in Hardware, beispielsweise unter Verwendung einer speziellen elektrischen
10 Schaltung, realisiert werden.

Ferner ist eine Realisierung der Erfindung oder einer im weiteren beschriebenen Weiterbildung möglich durch ein computerlesbares Speichermedium, auf welchem das Computerprogramm mit
15 Programmcode-Mitteln gespeichert ist, welches die Erfindung oder Weiterbildung ausführt.

Auch kann die Erfindung oder jede im weiteren beschriebene Weiterbildung durch ein Computerprogrammerzeugnis realisiert
20 sein, welches ein Speichermedium aufweist, auf welchem das Computerprogramm mit Programmcode-Mitteln gespeichert ist, welches die Erfindung oder Weiterbildung ausführt.

Es ist zweckmäßig, die Hauptfahrweginformation und/oder die
25 Nebenfahrweginformation durch eine Richtungsänderung, insbesondere durch einen Winkel der Richtungsänderung, zu beschreiben. Eine solche Richtungsänderung bzw. ein solcher Winkel lässt sich auf einfache Weise ermitteln, beispielsweise unter Verwendung einer digitalen Karte mit Fahrwegen.

30

Für eine Ausgabe bzw. Übermittlung der Manöverinformation an einen Benutzer stehen verschiedene Ausgabemöglichkeiten zur Verfügung, beispielsweise

- eine optische Anzeige der ermittelten Manöverinformation,
- 35 - eine akustische Ausgabe der ermittelten Manöverinformation.

Dabei ist es auch möglich, die Fuzzy-Zugehörigkeitsfunktionen und/oder die Fuzzy-Regeln an eine Ausgabeart, beispielsweise die genannte optische oder akustische Ausgabe einer Manöverinformation, anzupassen. So können beispielsweise für eine
5 optische Ausgabe einer Manöverinformation andere Zugehörigkeitsfunktionen verwendet werden als solche bei einer akustischen Ausgabe (Fig.4 und Fig.5).

Auch ist es zweckmäßig, bei der Auswertung der Fahrweginformationen unter Verwendung von Fuzzy-Logik eine Signifikanz
10 für eine Manöverinformation zu ermitteln, mit welcher die Manöverinformation bewertet werden kann. Diese Signifikanz beschreibt dabei eine Sicherheit für die jeweilige Manöverinformation. Durch solche Maßnahmen kann die Eindeutigkeit bei
15 der Generierung einer Manöverinformation erheblich erhöht werden.

Auch ist es vorteilhaft, die ersten und/oder zweiten Zugehörigkeiten jeweils zu codieren, beispielsweise als Bit-Muster.
20 Dadurch kann, insbesondere bei der Implementierung der Erfindung auf einem Computer, ein benötigter Speicherplatz verringert und/oder die Ausführung der Erfindung auf dem Computer beschleunigt werden.

25 Aus den Fuzzy-Regeln können signifikante, beispielsweise häufig angewendete, Fuzzy-Regeln ausgewählt werden und in einer Regelbasis zusammengefasst werden.

Durch die Ermittlung eines Erfüllungswerts für eine Fuzzy-
30 Regel, mit welchem ein Erfüllungsgrad eines Regelergebnisses der Fuzzy-Regel beschrieben wird, kann die Eindeutigkeit bei der Manövergenerierung weiter erhöht werden.

35 Wird ein solcher Erfüllungswert jeweils für mehrere Fuzzy-Regeln ermittelt, können diese Erfüllungswerte zu einem Gesamterfüllungswert zusammengefasst werden. In diesem Fall

wird eine Manöverinformation unter Verwendung des Gesamterfüllungswertes bestimmt.

Die Erfindung ist insbesondere geeignet für einen Einsatz im
5 Rahmen eines Benutzer-Assistenz-Systems bei mobilen Einheiten, beispielsweise eines Navigationssystems für ein Kraftfahrzeug. In diesem Fall ist die mobile Einheit das zu führende Kraftfahrzeug.

10 In Figuren ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt, welches im weiteren näher erläutert wird.

Es zeigen

15 Figur 1 eine Skizze eines Navigationssystems mit Komponenten in einem Kraftfahrzeug gemäß einem Ausführungsbeispiel;

20 Figur 2 eine Skizze, welche ein Zusammenwirken von Komponenten und deren Funktion in einem Navigationssystem gemäß einem Ausführungsbeispiel beschreiben;

25 Figur 3 eine Skizze, welche eine "scharfe" Zuordnung von Winkelbereichen zu Manöverinformationen gemäß einem Ausführungsbeispiel beschreibt;

30 Figur 4 eine Skizze, welche eine "unscharfe" Fuzzy-Zuordnung von Winkelbereichen zu Manöverinformationen für eine Sprachausgabe von Manöverinformationen gemäß einem Ausführungsbeispiel beschreibt;

35 Figur 5 eine Skizze, welche eine "unscharfe" Fuzzy-Zuordnung von Winkelbereichen zu Manöverinformationen für eine Ausgabe von Manöverinformationen auf einem Display gemäß einem Ausführungsbeispiel beschreibt;

Figur 6 schematische Darstellung einer Vorgehensweise bei einer Ermittlung einer Manöverinformation unter Verwendung einer Sicherheit gemäß einem Ausführungsbeispiel;

5

Figur 7 eine Skizze mit Linguistischen Termen für eine Display-Ausgabe und eine Sprachausgabe einer Manöverinformation gemäß einem Ausführungsbeispiel;

10 Figur 8 eine Skizze mit Schritten bei einer Manövergenerierung gemäß einem Ausführungsbeispiel;

Figur 9 eine Skizze einer Kreuzungssituation gemäß einem Ausführungsbeispiel;

15

Figur 10 eine Skizze, welche eine "unscharfe" Fuzzy-Zuordnung von Winkelbereichen zu Manöverinformationen für eine Ausgabe von Manöverinformationen auf einem Display und für eine Sprachausgabe gemäß einem Ausführungsbeispiel beschreibt;

20

Figur 11 tabellarische Übersicht (auszugsweise) über eine Regelbasis gemäß einem Ausführungsbeispiel;

25

Figur 12 graphische Darstellung (auszugsweise) einer Regelbasis gemäß einem Ausführungsbeispiel;

30 Figur 13 Verfahrensschritte bei der Manövergenerierung mit Fuzzy-Logik gemäß einem Ausführungsbeispiel.

Figur 14 Verfahrensschritte bei der Manövergenerierung mit einem regelbasierten Fuzzy-System gemäß einem Ausführungsbeispiel.

35

Ausführungsbeispiel: Navigationssystem in einem Kraftfahrzeug

Fig.1 zeigt ein Kraftfahrzeug 100, welches mit einem Navigationssystem 110 ausgestattet ist.

- 5 Komponenten dieses Navigationssystems 110 sind in Fig.1 und
 Fig.2 schematisch und in ihrem Zusammenwirken dargestellt und
 werden nachfolgend beschrieben.

Die Komponenten des Navigationssystems 200 sind derart mit
10 Verbindungen jeweils miteinander verbunden, dass Daten, wel-
 che in den einzelnen Komponenten ermittelt oder gemessen wer-
 den, in die anderen Komponenten übertragen werden können und
 dort für eine Weiterverarbeitung, beispielsweise durch ent-
 sprechend eingerichtete digitale Datenverarbeitungsmittel,
15 zur Verfügung stehen.

Die Verbindungen zwischen den Komponenten des Navigationssys-
 tems 200 sind in Fig.2 durch Pfeile dargestellt, wobei eine
 Pfeilrichtung eine Übertragungsrichtung der Daten zwischen
20 zwei miteinander verbundenen Komponenten verdeutlicht.

Das Navigationssystem 200 kombiniert verschiedene Einzelsys-
 teme, ein Positionsermittlungssystem 210, ein System zur Rou-
 tenplanung 270 und ein System zur Manövergenerierung und Ma-
25 növernavigation 271.

Entsprechende Softwareprogramme für diese Systeme 210, 270
 und 271 sowie entsprechende Daten für diese Systeme, wie eine
 digitale Landkarte 250, sind in einer Recheneinheit 130 ge-
30 speichert.

Positionsermittlungssystem

- 35 Das Positionsermittlungssystem 210 des Navigationssystems 200
 umfasst drei unabhängige Positionsermittlungssysteme, ein
 GPS-System 220, ein Gyroskop 230 und ein Odometer 240.

Fig.1 zeigt das Gyroskop 120, das Odometer 121 sowie das GPS 122, welche jeweils über Datenleitungen 123 mit der Rechen-
einheit 130 verbunden sind.

5

Es ist darauf hinzuweisen, dass eine Datenleitung auch eine
Funkstrecke oder ein anderes Medium ein kann.

10 Unter Verwendung des Gyroskops 230 und des Odometers 240 wird
eine aktuelle, erste Positionsinformation einer aktuellen Po-
sition des Kraftfahrzeugs ermittelt.

15 Unter Verwendung des GPS-Systems 220 wird eine zweite aktuel-
le, zu der ersten Positionsinformation redundante Positions-
information ermittelt.

20 Unter Verwendung der ersten und der dazu redundanten, zweiten
Positionsinformation wird eine verbesserte, weil genauer, ak-
tuelle Positionsinformation für die aktuelle Position des
Kraftfahrzeugs 100 ermittelt 245.

25 Die Positionsermittlung 245 erfolgt während einer Fahrt des
Kraftfahrzeugs in regelmäßigen, vorgegebenen Zeitintervallen
zu vorgegebenen Zeitpunkten, wodurch ein von dem Kraftfahr-
zeug tatsächlich zurückgelegter Fahrweg, ein Sensorpfad, er-
mittelt wird 246.

30 In dem Navigationssystem 200 ist eine digitale Landkarte 250
gespeichert. Die digitale Landkarte 250 ist ein digitalisier-
tes Bild einer Umgebung des Kraftfahrzeugs 100, in welcher
Verkehrsverbindungen sowie andere verkehrsrelevante Informa-
tionen, beispielsweise Städte und deren Verkehrsnetze, einge-
tragen sind.

35 Das Navigationssystem 200 weist ferner eine Anzeigeeinheit
280 auf, welche ein optisches Ausgabemittel 290 mit einem in-
tegrierten akustischen Ausgabemittel 292 umfasst und auf wel-

cher die digitale Landkarte 250 oder relevante Teile der digitalen Landkarte 250 anzeigbar sind.

Der Fahrer kann auf diese Weise seine aktuelle Position als
5 aktuelle Kartenposition in der digitalen Karte 250 erkennen
sowie seinen Fahrweg auf der digitalen Karte verfolgen bzw.
nachvollziehen.

10 Routenplanung, Manövergenerierung und Manövernavigation

Außerdem umfasst das Navigationssystem 200 die weiteren Systeme 270, 271 zur Routenplanung und zur Manövergenerierung und Manövernavigation.

15

Diese sind mit einer Eingabevorrichtung 260 verbunden, mit welcher eine Zielposition des Kraftfahrzeugs 100 von einem Fahrer des Kraftfahrzeugs 100 eingegeben werden kann.

20 Fig.1 zeigt das Eingabemittel 140 zur Eingabe der Zielposition des Kraftfahrzeugs sowie das Ausgabemittel zur Ausgabe des Kartenpfades, der aktuellen Kartenposition des Kraftfahrzeugs sowie der fahrwegkürzesten Route zu der Zielposition.

25 Das System zur Routenplanung (Routenberechnungseinheit) 270 ermittelt unter Verwendung der eingegebenen Zielposition, des Kartenpfades, der aktuellen Position des Kraftfahrzeugs sowie der aktuellen Kartenposition des Kraftfahrzeugs 100 eine fahrwegkürzeste Route zu der Zielposition.

30

Es ist darauf hinzuweisen, dass auch eine hinsichtlich eines anderen Kriteriums, beispielsweise einer Fahrzeit, optimale Route ermittelt werden kann.

35 Das System zur Manövergenerierung und Manövernavigation 271 generiert Anweisungen für den Fahrer, sogenannte Manöveran-

weisungen oder Manöverinformationen, welche den Fahrer entlang der geplanten Route zum Zielpunkt führen.

Die Anzeigeeinheit 280 des Navigationssystems 200 ist ferner
5 derart eingerichtet, dass dem Fahrer des Kraftfahrzeugs 100
die fahrwegkürzeste (oder andere optimale) Route zu der eingegebenen Zielposition akustisch und optisch angezeigt wird.

Das System zur Manövergenerierung und Manövernavigation 271
10 wird im nachfolgenden näher beschrieben.

Grundlagen und Konzeption des Systems zur Manövergenerierung
und Manövernavigation 271

15 Neben der Positionsbestimmung und der Routenplanung/-
berechnung vom Startpunkt zum Reiseziel, muss ein Navigationssystem den Fahrer entlang der Route führen. Die dafür genutzten Anweisungen oder Manöver werden dem Fahrer visuell in Form von Pfeilen und Balkendiagrammen sowie durch eine
20 Sprachausgabe übermittelt.

Der beschriebene Ansatz bei dem System zur Manövergenerierung und Manövernavigation 271 basierend auf Fuzzy-Logik und bietet demzufolge den Vorteil, dass er weichere (Systemzustands-
25)Übergänge als bei einer booleschen Logik ermöglicht.

Der Fuzzy-Ansatz ist darüber hinaus - bei geeigneter Parametrierung - tolerant bzw. robust gegenüber Ungenauigkeiten bei den zur Verfügung stehenden Daten, wie Richtungsangaben oder
30 Richtungsänderungsangaben.

Zudem kommt die Fuzzy-Logik der sprachlichen Ausdrucksweise des Menschen nahe, so dass insgesamt verständlichere Manöver generiert werden können.

35

Der im folgenden beschriebene Fuzzy-Ansatz umfasst zwei Ausgestaltungen, einen Grundansatz mit einer Manövergenerierung

mit Fuzzy-Logik, sowie einen (alternativen) erweiterten Ansatz mit einer Manövergenerierung mit einem regelbasierten Fuzzy-System.

- 5 Der erweiterte regelbasierte Ansatz unterscheidet sich nur dahingehend vom Fuzzy-Logik Grundansatz, dass zusätzliche Fahrweginformationen, beispielsweise alternative Fahrwege, bei der Manövergenerierung miteinbezogen werden. Die Grundkonzeption des erweiterten regelbasierten Ansatzes entspricht
10 ansonsten dem des Fuzzy-Logik Grundansatzes.

Manövergenerierung mit Fuzzy-Logik (Fuzzy-Logik Grundansatz)

- Für die Manövergenerierung in Fahrzeugnavigationssystemen
15 bietet sich ein Einsatz von Fuzzy-Logik basierten Algorithmen an. Im Gegensatz zu der bisher verwendeten booleschen Logik, bietet ein Ansatz basierend auf Fuzzy-Logik den Vorteil die Mengenzugehörigkeit durch Zwischenwerte zwischen falsch (0) und wahr (1) mathematisch beschreibbar zu machen.

- 20 Dabei wird zur Darstellung eines Problems, in diesem Fall der Ermittlung der Manöverinformation, neben einer numerischen oder quantitativen Beschreibung durch Zugehörigkeiten, eine qualitative Beschreibung mit unscharfen Begriffen des menschlichen Denkens herangezogen. Diese Beschreibungen ermöglichen, scharfe (nonfuzzy / crisp) und unscharfe (fuzzy) Daten
25 formal exakt zu behandeln.

- Daneben bleibt bei einer Veränderung von Fuzzy-Regeln, linguistischen Variablen oder Operatoren der Bezug zu einem Gesamtverhalten bestehen. Spezifische und individuelle Anpassungen an sich gegebenenfalls ändernde Randbedingungen sind
30 somit einfach und flexibel möglich.

- 35 Zudem kommt die Fuzzy-Logik einer sprachlichen Ausdrucksweise des Menschen nahe, so dass insgesamt verständliche Manöverinformationen ermöglicht werden.

Bei dem Fuzzy-Ansatz des Systems zur Manövergenerierung und Manövernavigation 271 wird eine bisher verwendete boolesche Winkeleinteilung 300 der "Orientation Slots" 301 (Fig.3) durch eine Fuzzy-Winkeleinteilung 400 für Fahrwegrichtungsänderungen ersetzt (Fig.4 Sprachausgabe und Fig.5 Displayausgabe).

Durch die verwendete Fuzzy-Winkeleinteilung 400 für die Fahrwegrichtungsänderungen ergeben sich weiche Übergänge für die Winkelfenster 401. Harte Grenzen wie bei den vorherigen Übergängen zwischen (0) und (1) gibt es nicht mehr. Mit Ausnahme der singulären Punkte 0° , 90° , 180° und 270° sind immer mindestens zwei Zugehörigkeitsfunktionen 402 aktiv.

Die Verläufe der Zugehörigkeitsfunktionen 402 sind durch die Nutzung stückweise linearer Funktionen 403 konstruiert, in diesem Fall durch einfache Dreieck- und Trapez-Funktionen, so dass lediglich Stützstellen 404 benötigt werden, zwischen denen linear interpoliert wird.

Die Stützstellen 404 sind die Parameter der Zugehörigkeitsfunktionen 402, mit denen die einzelnen Verläufe individuelle an einen Nutzer angepasst werden können.

Bei der Einstellung der Zugehörigkeitsfunktionen 403 wird zudem auf die Priorität, die ein Manöver besitzt, besondere Rücksicht genommen:

- Die drei Hauptmanöver (Straight, S) 410, (Left, L) 411, (Right, R) 412 besitzen jeweils eine hohe Priorität (d.h. einen hohen maximalen Wert der Zugehörigkeitsfunktion) und einen großen Einflussbereich, charakterisiert durch einen großen Winkelbereich, in dem der Wert der Zugehörigkeitsfunktion am größten ist. Die Priorität der Nebenmanöver (Hard Left, HL) 420, (Hard Right, HR) 421, (Soft Left, SL) 423, (Soft Right, SR) 424 ist jeweils geringer.

- Das Wendemanöver (U-Turn, U) 430 besitzt eine hohe Priorität, aber nur nahe 180° .
- Der Zusatz *Hard H-* besitzt eine mittlere Priorität, da die Zugehörigkeitsfunktion den Wert 1000 nicht annimmt. Der Einflussbereich ist relativ groß, jedoch kleiner als bei den drei Hauptmanövern.
- Der Zusatz *Soft S-* bzw. *leicht* besitzt eine niedrige Priorität, wie man am flachen Verlauf der entsprechenden Zugehörigkeitsfunktionen erkennen kann. Für die Sprachausgabe (Fig.4) gilt sogar: $\mu_{SR} < \text{Max}\{\mu_S, \mu_R\}$ bzw. $\mu_{SL} < \text{Max}\{\mu_S, \mu_L\}$, wobei $\mu(\varphi)$ eine Wahrscheinlichkeit für eine Fahrwegsrichtungsänderung beschrieben durch einen Winkel φ beschreibt. Bei der Sprachausgabe wird der Zusatz *leicht* nur genutzt, wenn mindestens eines der Manöver S, R oder L bereits genutzt wird.

Bei der Sprachausgabe wird durch dieses Vorgehen die Nutzung des Zusatzes *Soft S-* bzw. *leicht* weitgehend vermieden. Ein typisches Beispiel ist eine Kreuzung, an der zwei Straßen im Winkelfenster (*Straight, S*) liegen. Dieser Konflikt wurde bisher so gelöst, dass beiden Straßen jeweils das benachbarte Manöver (*Soft Right, SR* bzw. *Soft Left, SL*) zugewiesen bekommen. Dieser Konflikt tritt mit der Fuzzy-Winkeleinteilung nicht mehr auf, d.h. eine Straße erhält das Manöver (*Straight, S*), die andere das Manöver (*Soft Right, SR* oder *Soft Left, SL*).

Für die Auswahl eines Fuzzy-Manövers wird neben der Fuzzy-Winkeleinteilung, die unmittelbar mit Zugehörigkeitswerten verbunden ist, zusätzlich eine weitere Bewertungsgröße eingeführt (Fig.6).

Diese weitere Größe beschreibt eine Signifikanz oder Sicherheit $S_{m,i}$ eines Manövers und ergibt sich aus dem Quotienten der Zugehörigkeit des betrachteten Manövers $\mu_{m,i}$ für eine Straße i und der Summe der Zugehörigkeitswerte hinsichtlich des Manövers m :

$$S_{m,i} = \frac{\mu_{m,i}}{\sum_{j=1}^N \mu_{m,j}}$$

mit $m \in \{S, SR, R, HR, U, HL, L, SL\}$. (Gl.1)

- 5 Dieser Wert für die Sicherheit erleichtert die Auswahl eines verständlichen Manövers. Als Schwellwert, ab dem die Sicherheit eines Manövers gewährleistet ist, wird ein Wert von 53% gewählt.
- 10 Mit diesem Wert, der knapp über dem Grenzwert von 50% liegt, wird einer ausreichender Abstand des Manövers mit dem größten Zugehörigkeitswert gegenüber den übrigen Manövern gewährleistet.
- 15 In Fig.6 ist die Auswahl eines Manövers unter Verwendung der Signifikanz schematisch dargestellt.
- Die Auswahl des Fuzzy-Manövers läuft dabei so ab (Fig.6), dass zunächst das Manöver mit dem größten Zugehörigkeitswert
- 20 μ_{max} bestimmt wird. Nur wenn dieses Manöver als nicht ausreichend sicher erscheint, d.h. wenn die Sicherheit kleiner als 53% ist, wird das Manöver mit dem zweitgrößten Zugehörigkeitswert bestimmt. Dadurch wird die Nutzung des Manöverzusatzes Soft S- vermieden.
- 25 Nur wenn die Sicherheit dieses Manövers ebenfalls zu klein ist, wird das Manöver bestimmt, welches die größte Sicherheit besitzt.
- 30 Sollte das so gefundene Manöver nicht eindeutig sein, d.h. der Wert der Sicherheit kleiner als 50% sein, wird das Fuzzy-Modul verlassen und auf ein mit den bisherigen booleschen Algorithmen erzeugte Manöver zugegriffen.

In Fig.13 ist ein Verfahrensablauf 1300 bei der Manövergenerierung mit Fuzzy-Logik (Fuzzy-Logik Grundansatz) schematisch dargestellt.

5 Bei der Manövergenerierung mit Fuzzy-Logik wird eine Hauptfahrweginformation, welche einen Hauptfahrweg der mobilen Einheit beschreibt, in diesem Fall die Fahrwegsrichtungsänderung, ermittelt 1310.

10 Anschließend wird die Hauptfahrweginformation unter Verwendung von Fuzzy-Logik ausgewertet, wobei die eine Manöverinformation ermittelt wird 1320, 1330.

Bei der Fuzzy-Auswertung werden für die Hauptfahrweginformation unter Verwendung von Fuzzy-Zugehörigkeitsfunktionen erste Zugehörigkeiten ermittelt 1320, mit welchen jeweils die Zugehörigkeit der Hauptfahrweginformation zu einer von den vorgebaren Manöverinformationen beschrieben wird.

15 Ferner werden die ersten Zugehörigkeiten unter Verwendung von Regeln ausgewertet, wobei die eine Manöverinformation ermittelt wird 1330.

Manövergenerierung mit einem regelbasierten Fuzzy-System (erweiterter regelbasierter Ansatz)

25 Bei dem regelbasierten Fuzzy-System werden eine Fuzzifizierung, eine Inferenz und eine Defuzzifizierung durchgeführt, wodurch eine Nachvollziehbarkeit der Manövergenerierung gewährleistet wird.

30 Die Manövergenerierung wird auf Fuzzy-Regeln abgebildet, welche in einer Regelbasis (Figuren 11 und 12) zusammengefasst sind. Durch die Regelbasis besteht zudem die Möglichkeit einer Anpassung des Systems und der dadurch resultierenden Manöverinformationen an einen jeweiligen Nutzer.

35

Auswahl von Ein- und Ausgangsgrößen

Als Eingangsgrößen für das regelbasierte System werden gewählt :

- 5 a. Der Winkel (Fahrwegsrichtungsänderung) der berechneten Route (R) in [Grad].
- b. Der Winkel (Fahrwegsrichtungsänderung) des linken Nachbarn der Route (NL) in [Grad].
- c. Der Winkel (Fahrwegsrichtungsänderung) des rechten Nach-
- 10 barn der Route (NR) in [Grad].
- d. Verlauf (Fahrwegsrichtungsänderung) der Hauptstraße (MS).

Als Ausgangsgröße werden gewählt :

- a. Das resultierende Manöver für Display (MD).
- 15 b. Das resultierende Manöver für Voice (MV).

Die Grundmengen G , die den Wertebereich der einzelnen linguistischen Variablen beinhalten, werden dabei definiert als:

$$\begin{aligned}
 20 \quad G_R &= \{R, 0^\circ \leq R \leq 360^\circ\} \\
 G_{NL} &= \{NL, 0^\circ \leq NL \leq 360^\circ\} \\
 G_{NR} &= \{NR, 0^\circ \leq NR \leq 360^\circ\} \\
 G_{MD} &= \{MD, 0 \leq MD \leq 10\} \\
 G_{MV} &= \{MV, 0 \leq MV \leq 10\}
 \end{aligned}$$

25

Im Falle der Hauptstraßenerkennung findet keine Fuzzyfizierung statt. Einzig das erzeugte Bitmuster (siehe Generierung der Regelbasis) wird für die Auswahl der aktiven Regeln aus der Regelbasis herangezogen.

30

Gestaltung der Zugehörigkeitsfunktionen

Bei der regelbasierten Manövergenerierung mittels eines regelbasierten Fuzzy-Systems werden die Verläufe der Zugehörig-

35 keitsfunktionen durch die Verwendung stückweise linearer Funktionen konstruiert, in diesem Fall durch einfache Dreieck- und Trapez-Funktionen (vgl. Fig.4 und Fig.5).

Diese abschnittsweise linearen Zugehörigkeitsfunktionen besitzen den Vorteil, sich durch die Angabe weniger Knickpunkte beschreiben zu lassen. Damit kann der Rechen- und Spei-
5 cheraufwand klein gehalten werden. Dies erlaubt bei der nachfolgenden Fuzzifizierung, d.h. bei der Umwandlung der scharfen Eingangswerte der Route, des linken und des rechten Nachbarn in unscharfe Zugehörigkeitswerte, eine einfache Berechnung der Zugehörigkeitswerte, durch Interpolation zwischen
10 den Stützstellen.

Durch zusätzliche Stützstellen, zwischen denen linear interpoliert wird, können die Zugehörigkeitsfunktionen an die Gegebenheiten angepasst werden.

15

Die Stützstellen bilden auch die Parameter, mit denen sich die einzelnen Verläufe der Zugehörigkeitsfunktionen auf den jeweiligen Nutzer einstellen lassen.

20 Die Anpassungen des Systems an den jeweiligen Nutzer, d.h. die Anpassung der Manöver, erfolgt im praktischen Einsatz des Navigationssystems.

Bei der Einstellung der Zugehörigkeitsfunktionen wird auf eine leichte Anpassbarkeit der Funktionen besondere Rücksicht
25 genommen:

- Alle verwendeten Funktionen besitzen eine gleich hohe Priorität (der größte Zugehörigkeitswert ist jeweils 1).
- Die Manöver S, R, L, HR und HL besitzen einen großen Einflussbereich (großer Winkelbereich, in dem der Wert der
30 Zugehörigkeitsfunktion am größten ist).
- Der Zusatz Soft, S- und der Zusatz Hard, H- werden nur selten genutzt.
- Für jede Winkeländerung gleicht die Summe der Zugehörig-
35 keitswerte dem Wert 1000.

Die Fuzzy-Mengen wurden so gewählt, dass sich nebeneinanderliegende Fuzzy-Sets mehr oder weniger stark überlappen, wodurch ein scharfer Eingangswert zu mehreren Fuzzy-Mengen gleichzeitig gehören kann.

5

Entwurf der linguistischen Regeln — Generierung der Regelbasis (Fig.11 und Fig.12)

10 Der Entwurf der Regelbasis stellt einen wichtigen Schritt dar, da die hier aufgestellten Regeln letztlich die Regelstrategie und somit die 'Intelligenz' des Fuzzy-Systems darstellen.

15 Die Gesamtzahl der möglichen Regeln hängt dabei von der Anzahl der Eingangsgrößen sowie von der Menge der linguistischen Terme pro Größe ab:

Bei zwei Eingangsgrößen, mit jeweils zwei linguistischen Termen, kann die Regelbasis aus maximal vier Regeln bestehen.
20 Bei 4 Eingangsgrößen $i = 1, \dots, 4$ (für Route, linker und rechter Nachbar, Hauptstraße) und E_i als Menge der linguistischen Terme, kann die hier zu erstellende Regelbasis maximal 1792 unterschiedliche Regeln enthalten (siehe Gl. 2).

25
$$r_{\max} = E_1 \cdot E_2 \cdot E_3 \cdot E_4 = 7 \cdot 8 \cdot 8 \cdot 4 = 1792 \quad (\text{Gl.2})$$

Diese Beziehung macht unmittelbar deutlich, dass man bei mehr als zwei Eingangsgrößen im allgemeinen nicht mehr den gesamten Eingaberaum ausschöpfen kann. Dies ist normalerweise auch
30 gar nicht notwendig, da im realen Betrieb des Navigationssystems nur ein Teil aller möglichen Kombinationen von Eingangsgrößentermen wirklich auftreten.

Außerdem wird die Verarbeitungsgeschwindigkeit des Fuzzy-
35 Systems erheblich durch die Größe der Regelbasis beeinflusst.

Für den Entwurf der Regelbasis ist es daher zweckmäßig mit einer geringen Anzahl von Regeln zu beginnen. Dann können schrittweise Regeln hinzugefügt werden oder die bereits vorhandenen Regeln modifiziert werden (z.B. zusammenfassen von Regeln bei Überschneidungen), bis die gewünschte Regelgüte erreicht wird. Um die Konsistenz der Regeln beurteilen zu können, werden die einzelnen Regeln der Regelbasis grafisch dargestellt (Fig.12).

10 So können widersprüchliche Regeln schnell identifiziert und beseitigt werden. Außerdem wird die Regelbasis entsprechend dem Bitmuster der Route geordnet. Eine auszugsweise Darstellung der Regelbasis zeigen Figuren 11 (tabellarisch) und 12 (graphisch).

15

Um die Abdeckung aller möglichen Fälle durch die Regelbasis zu gewährleisten, wird dem Inferenzmechanismus eine Anweisung für den Fall hinzugefügt, dass keine Regel aktiv ist.

20 In diesem Fall, wird die Richtung der Route als Defaultwert ausgegeben.

Allgemein stellt sich die Regelbasis in folgender Form dar:

Regel 1:

WENN $r = A_{1k} \dots$ UND $ln = A_{1l} \dots$ UND

25

$rn = A_{1m} \dots$ UND $ms = A_{1n}$

DANN $disp = B_{1p} \dots$ UND $voice = B_{1q}$ (Gl. 3)

...

Regel z:

25

WENN $r = A_{zk} \dots$ UND $ln = A_{z1} \dots$ UND

$rn = A_{zm} \dots$ UND $ms = A_{zn}$

DANN $disp = B_{zp} \dots$ UND $voice = B_{zq}$ (Gl. 4)

mit:

- r, ln, rn, ms : Eingangsgrößen
- 5 $A_{11}, A_{21}, \dots, A_{z1}$: Bitmuster der Eingangsgröße ln
- $disp, voice$: Ausgangsgrößen
- $B_{1p}, B_{2p}, \dots, B_{zp}$: Bitmuster der Ausgangsgröße $disp$.

Inferenzmechanismus

10

Bei dem Inferenzmechanismus werden die Regelbasis ausgewertet und durch Zusammenfassung der Teilentscheidungen der einzelnen Regeln eine Gesamtentscheidung getroffen.

15

Zur Bestimmung der aktiven Regeln werden die im Anschluss an die Fuzzifizierung bestimmten Bitmuster (aus den Zugehörigkeitswerten der einzelnen linguistischen Variablen, sowie der Hauptstraßenerkennung) herangezogen.

20

Eine Regel heißt aktiv, wenn die erstellen Bitmuster ganz oder teilweise dem in der Regelbasis gespeicherten Bitmuster entsprechen. Der Erfüllungswert Pv_i (Performance Value) einer aktiven Regel ergibt sich mittels folgendem Quotienten:

$$Pv_i = \frac{\sum_{a=1}^A \mu_{next_route_a} \cdot \sum_{b=1}^B \mu_{next_left_b} \cdot \sum_{c=1}^C \mu_{next_right_c}}{\mu_{max}^2}$$

25

(Gl.5)

$\sum_{a=1}^A \mu_{next_route_a}$: Summe der aktiven Zugehörigkeitswerte der Route.

$\sum_{b=1}^B \mu_{\text{next_left}_b}$: Summe der aktiven Zugehörigkeitswerte des

Linken Nachbarn.

$\sum_{c=1}^C \mu_{\text{next_right}_c}$: Summe der aktiven Zugehörigkeitswerte

des Rechten Nachbarn.

5 μ_{max}^2 : maximal vorkommenden Möglichkeiten (hier:
 $\mu_{\text{max}} = 1000$).

i : Laufindex der jeweiligen Regel

(hier: $i = 0, \dots, n$)

a = 1, ..., A: Summationsindex (entsprechendes gilt für

10 b und c).

A, B, C \in N: Obere Summationsgrenzen (Anzahl der aktiven
 Zugehörigkeitswerte).

Für die Ermittlung der einzelnen Ausgangs-Fuzzy-Mengen wird
 15 daraufhin der Erfüllungswert einer aktiven Regel den Aus-
 gangsmengen zugeordnet. Die Fuzzy-Mengen der Konklusion jeder
 aktiven Regel werden dabei in der Höhe des jeweiligen Erfül-
 lungswertes (Pv_i) jeder Regel abgeschnitten. Anschließend
 werden die im vorherigen Schritt ermittelten Fuzzy-Mengen,
 20 durch Addition zu einer resultierenden Ausgangs-Fuzzy-Menge
 zusammengefasst.

Defuzzifizierung: Maximum-Methode

25 Das Ergebnis der Inferenz sind zunächst zwei resultierende
 Fuzzy-Mengen für die Ausgangsgrößen Display und Voice. Um
 scharfe (crisp) Ausgangsgrößen zu erhalten, die den entspre-
 chenden Manövern zugeordnet werden können, müssen die resul-
 tierenden Ausgangs-Fuzzy-Mengen defuzzifiziert werden.

30 Bei der Methode, die in diesem Fall zur Anwendung kommt, han-
 delt es sich um die Maximum-Methode. Dabei wird nur jener
 linguistische Term der Ausgangsgröße betrachtet, der den
 höchsten akkumulierten Erfüllungswert hat. Entsprechend die-
 sem linguistischen Term erfolgt die Zuweisung des Manövers.

In Fig.14 (abstrahiert) sowie in Fig.8 (detailliert) sind ein
Verfahrensablauf 1400 bzw. 800 bei der Manövergenerierung mit
einem regelbasierten Fuzzy-System (erweiterter regelbasierter
5 Ansatz) schematisch dargestellt.

Bei der regelbasierten Manövergenerierung werden eine Haupt-
fahrweginformation, welche einen Hauptfahrweg der mobilen
Einheit beschreibt, und mindestens eine Nebenfahrweginforma-
10 tion, welche einen zu dem Hauptfahrweg alternativen Fahrweg
der mobilen Einheit beschreibt, ermittelt 1410 bzw. 810.

Die Hauptfahrweginformation und die Nebenfahrweginformation
werden unter Verwendung von Fuzzy-Logik ausgewertet, wobei
15 die eine Manöverinformation ermittelt wird 1420 bis 1440 bzw.
820 bis 870.

Bei der Fuzzy-Auswertung werden für die Hauptfahrweginforma-
tion unter Verwendung von Fuzzy-Zugehörigkeitsfunktionen ers-
20 te Zugehörigkeiten ermittelt 1420 bzw. 820, mit welchen je-
weils die Zugehörigkeit der Hauptfahrweginformation zu einer
von den vorgebbaren Manöverinformationen beschrieben wird.
Für die Nebenfahrweginformation werden unter Verwendung von
den Fuzzy-Zugehörigkeitsfunktionen zweite Zugehörigkeiten er-
25 mittelt 1430 bzw. 830, mit welchen jeweils die Zugehörigkeit
der Nebenfahrweginformation zu einer von den vorgebbaren Ma-
növerinformationen beschrieben wird.

Die ersten und die zweiten Zugehörigkeiten werden unter Ver-
30 wendung von Fuzzy-Regeln ausgewertet, wobei die eine Manöver-
information ermittelt wird 1440 bzw. 840 bis 870.

Funktions- und Arbeitsweise der regelbasierten Manövergene-
35 rierung anhand einer (beispielhaft vorgegebenen) Kreuzungssi-
tuation

Im folgenden werden weitere Erläuterungen zur Funktions- und Arbeitsweise der regelbasierten Manövergenerierung anhand einer (beispielhaft vorgegebenen) Kreuzungssituation gegeben.

- 5 Den folgenden Erläuterungen liegt die in Fig.9 beispielhaft dargestellte Kreuzungssituation zugrunde.

Für die in Fig.9 dargestellte Kreuzungssituation soll ein zugehöriges Manöver für die Displayanzeige und die Sprachausgabe erzeugt werden.
10

Entsprechend der regelbasierten Manövergenerierung besteht die Manövergenerierung aus den drei Komponenten Fuzzifizierung (a), Inferenzmechanismus (b) und Defuzzifizierung (c).
15

a) Fuzzifizierung - Umwandlung der scharfen Eingangswerte in unscharfe Zugehörigkeitswerte:

Durch eine Interpolation der Zugehörigkeitsfunktionen in Abhängigkeit der ermittelten Winkeländerungen erfolgt für die Route 910 bzw. 1010, den linken 920 bzw. 1020 und den rechten 930 bzw. 1030 Nachbarn die Bestimmung der einzelnen Zugehörigkeitswerte (Fig.9, Fig.10). Diese Zugehörigkeitswerte geben an, in welchem Maße die linguistischen Aussagen erfüllt sind.
20
25

Anschließend werden die Zugehörigkeitswerte für jeden Winkel entsprechend ihrer Zugehörigkeit zu den Manöverslots gespeichert (Tabelle 1).
30

Aus den berechneten Zugehörigkeitswerten wird im Anschluss ein entsprechendes Bitmuster gebildet (Tabelle 1: An Positionen mit einem Zugehörigkeitswert größer Null steht im Bitmuster eine 1, ansonsten eine 0). Dieses Bitmuster wird bei der Auswahl der aktiven Regeln aus der Regelbasis benötigt.
35

Zusätzlich wird bei der Bestimmung der aktiven Regeln ein Wert für die Aktivierung des „Intersection Zooms“ zur vergrößerten Darstellung des zu durchfahrenden Kreuzungsbereiches erzeugt.

5

Erkennung der Hauptstraßensituation:

Da keine oder nur sehr ungenügende Informationen bezüglich des Verlaufs von Hauptstraßen vorliegen, werden Straßen nach Rang und Klasse klassifiziert.

Auf der Basis einiger festgelegter Regeln erfolgt anschließend eine Analyse der aktuellen Straßensituation. Dabei wird der Verlauf der Hauptstraße aus den Werten von Straßenklasse und Straßenrang bestimmt, und das Ergebnis dieser Analyse für die Weiterverarbeitung in Form eines Bitmusters gespeichert.

Eine Straße, wird danach als Hauptstraße erkannt, wenn:

- Der Rang vom Eingangs- zum Ausgangssegment gleich bleibt.
- Die Klasse der potentiellen Hauptstraße vom Eingangs- zum Ausgangssegment nur zwischen 2 und 3 oder zwischen 1 und 2 wechselt.
- Die Klasse der potentiellen Hauptstraße zwischen 0 und 3 liegt.
- Die Klassen aller abgehenden Straßen niedriger sind als die, der potentiellen Hauptstraße (bis Klasse 7, aber Klasse 5 und 6 sind ausgenommen).
- Alle abgehenden Straßen einen niedrigeren Rang haben.

	membership values	bit-pattern
route	(0,0,0,0,0,0,180,82 0)	(0,0,0,0,0,0,1,1)
left neighbour	(0,0,0,0,600,400,0, 0)	(0,0,0,0,1,1,0,0)
right neighbour	(700,300,0,0,0,0,0, 0)	(1,1,0,0,0,0,0,0)

Tabelle 1: Zugehörigkeitswerte und das daraus resultierende Bitmuster sortiert nach (SR,R,HR,N,HL,L,SL,S).

Als mögliche Alternativen, um den Verlauf der Hauptstraße zu beschreiben, stehen hier folgende Möglichkeiten zur Verfügung:

- Die Route ist selbst die Hauptstraße → R
- Der Linke Nachbar der Route ist die Hauptstraße → LN
- 10 • Der Rechte Nachbar der Route ist die Hauptstraße → RN
- Es konnte keine Hauptstraße erkannt werden → N

15 Auf die Kreuzungssituation (Abb. 9) angewandt, zeigt sich mit den zugehörigen Straßenklassen und Straßenrängen, entsprechend Tabelle 2, dass hier kein Hauptstraßenverlauf erkannt wird. Als Rückgabewert liefert die Hauptstraßenerkennung daher → N.

20

In das zugehörige Bitmuster umgewandelt, ergibt sich somit: (0,0,0,0,1,0,0,0), sortiert nach (X,X,X,X,N,RN,LN,R).

	entry segment	exit segment	left neighbour	right neighbour
Class	7	7	7	3
Rank	0	0	0	0

25 Tabelle 2: Straßenklasse und Rang.

b) Inferenz - Bestimmung der aktiven Regeln:

Das Ziel der Auswertung der Regelbasis ist, durch eine Zusammenfassung der Teilentscheidungen der einzelnen Regeln zu einer Gesamtentscheidung zu kommen. Durch Vergleich der erstellten Bitmuster mit den in der Regelbasis abgelegten Re-

30

geln erhält man die aktiven Regeln für die augenblickliche Situation (Tabelle 3).

Eine Regel gilt für die augenblickliche Situation als aktiv, wenn die erstellten Bitmuster ganz oder teilweise den in der Regelbasis gespeicherten Bitmustern entsprechen.

Wird eine der Regeln als aktiv erkannt, so wird der Erfüllungswert P_{vi} der Regel unter Beachtung von Gl.5 berechnet.

10

Der Erfüllungswert wird, wie der Zugehörigkeitswert, auf Werte aus dem Intervall zwischen 0 und 1000 beschränkt. Nachkommastellen werden abgeschnitten

z.B. Regel 9: $P_{v_9} = \frac{180 \cdot 400 \cdot 300}{10^6} = 21,6$ bzw. 21

15

Der nunmehr glatte Erfüllungswert 21 schneidet die Fuzzy-Mengen der Konklusion der aktiven Regel (vgl. Fig.7) in seiner Höhe ab.

Entsprechendes ergibt sich für die weiteren aktiven Regeln (Tabelle 4).

20

Durch Addition werden die einzelnen Fuzzy-Mengen zu einer Ausgangs-Fuzzy-Menge zusammengefügt (siehe letzte Zeile in Tabelle 4).

Rule index	route	left neighbour	Right neighbour	main street	mnvr display	mnvr voice
0	S	HL / L	SR / R	N / RN	S / N	S / N
8	SL	HL / L	SR	N	SL	SL / S
9	SL	L	R / HR / N	N / RN	SL	SL / S
10	SL	N / HL	SR / S	N / RN	SL	KL / L
11	SL	N / HL	R / HR / N	N	SL	L / S

25

Tabelle 3: Aktive Regeln.

rule in- dex	P _v	display	voice
0	820	(820,0,0,0,0,820,0,0,0, 0,0,0,0)	(820,0,0,0,0,820,0,0,0, ,0,0,0)
8	126	(0,126,0,0,0,0,0,0,0, 0,0,0)	(126,126,0,0,0,0,0,0,0, ,0,0,0)
9	21	(0,21,0,0,0,0,0,0,0,0, ,0,0)	(21,21,0,0,0,0,0,0,0,0, ,0,0)
10	75	(0,75,0,0,0,0,0,0,0,0, ,0,0)	(0,0,75,0,0,0,0,0,0,75, ,0,0)
11	32	(0,32,0,0,0,0,0,0,0,0, ,0,0)	(0,0,32,0,0,0,0,0,0,0, 0,0)
Alle	Summe	(820,252,0,0,0,820,0, 0,0,0,0,0)	(967,147,105,0,820,0, ,0,0,75,0,0)

Tabelle 4: Berechnete Werte für Display und Voice, sortiert nach (S,SL,L,HL,N,HR,R,SR,KR,KL,C).

5

d) Defuzzifizierung - Bestimmung eines scharfen Ausgabewertes:

Über die so erstellte Ausgangs-Fuzzy-Menge erhält man unter Beachtung des linguistischen Terms der Ausgangsgröße, der den höchsten aufaddierten Erfüllungswert hat, (hier 967) das auszugebende Manöver.

10

In diesem Dokument wurden folgende Veröffentlichungen zitiert:

- 5 [1] Zhao Yilin: "Vehicle Location and Navigation Systems ",
Artech House Publishers, S.43-141, S.239-264, 1997, ISBN
0-89006-8621-5.
- 10 [2] Zhao Yilin: "Vehicle Location and Navigation Systems ",
Artech House Publishers, S.129-141, 1997, ISBN 0-89006-
8621-5.
- [3] U.S. Patent No. 4,796,191.
- 15 [4] Bart Kosko: "Neural Networks and Fuzzy-Systems", Prentice
Hall, Kap. 7 u. 8, 1992, ISBN 0-13611-435-0.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Ermittlung einer Manöverinformation aus einem Satz von vorgebbaren Manöverinformationen für eine mobile
5 Einheit unter Verwendung von Fuzzy-Logik,
- bei dem eine Hauptfahrweginformation, welche einen Hauptfahrweg der mobilen Einheit beschreibt, ermittelt wird,
 - bei dem die Hauptfahrweginformation unter Verwendung von Fuzzy-Logik ausgewertet wird, wobei die eine Manöverinformation
10 ermittelt wird, derart, dass
- a) für die Hauptfahrweginformation unter Verwendung von Fuzzy-Zugehörigkeitsfunktionen erste Zugehörigkeiten ermittelt werden, mit welchen jeweils die Zugehörigkeit der Hauptfahrweginformation zu einer von den vorgebbaren Manöverinformationen
15 beschrieben wird,
 - b) und die ersten Zugehörigkeiten unter Verwendung von Regeln ausgewertet werden, wobei die eine Manöverinformation ermittelt wird.
- 20 2. Verfahren zur Ermittlung einer Manöverinformation aus einem Satz von vorgebbaren Manöverinformationen für eine mobile Einheit unter Verwendung von Fuzzy-Logik,
- bei dem eine Hauptfahrweginformation, welche einen Hauptfahrweg der mobilen Einheit beschreibt, und mindestens eine
25 Nebenfahrweginformation, welche einen zu dem Hauptfahrweg alternativen Fahrweg der mobilen Einheit beschreibt, ermittelt werden,
 - bei dem die Hauptfahrweginformation und die Nebenfahrweginformation unter Verwendung von Fuzzy-Logik ausgewertet
30 werden, wobei die eine Manöverinformation ermittelt wird, derart, dass
- a) für die Hauptfahrweginformation unter Verwendung von Fuzzy-Zugehörigkeitsfunktionen erste Zugehörigkeiten ermittelt werden, mit welchen jeweils die Zugehörigkeit der
35 Hauptfahrweginformation zu einer von den vorgebbaren Manöverinformationen beschrieben wird,

- b) für die Nebenfahrweginformation unter Verwendung von den Fuzzy-Zugehörigkeitsfunktionen zweite Zugehörigkeiten ermittelt werden, mit welchen jeweils die Zugehörigkeit der Nebenfahrweginformation zu einer von den vorgebbaren Manöverinformationen beschrieben wird, und
- 5 c) die ersten und die zweiten Zugehörigkeiten unter Verwendung von Fuzzy-Regeln ausgewertet werden, wobei die eine Manöverinformation ermittelt wird.

10 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
bei dem die Hauptfahrweginformation einen von der mobilen Einheit zurückzulegenden Fahrweg beschreibt und/oder die Nebenfahrweginformation einen zu dem zurückzulegenden Fahrweg alternativen zurücklegbaren Fahrweg beschreibt.

15 4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,
bei dem die Hauptfahrweginformation und/oder die Nebenfahrweginformation durch eine Richtungsänderung, insbesondere durch einen Winkel der Richtungsänderung, beschrieben werden/wird.

20

5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,
bei dem die Hauptfahrweginformation und/oder die Nebenfahrweginformation unter Verwendung einer digitalen Karte mit
25 Fahrwegen ermittelt werden/wird.

6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,
bei dem einem Benutzer die eine ermittelte Manöverinformation ausgegeben wird mindestens durch eine der folgenden Ausgabearten:
30

- eine optische Anzeige der einen ermittelten Manöverinformation,
- eine akustische Ausgabe der einen ermittelten Manöverinformation.

35

7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,

bei dem die Fuzzy-Zugehörigkeitsfunktionen und/oder die Fuzzy-Regeln an eine Ausgabeart der einen ermittelten Manöverinformation angepasst werden.

5 8. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,
bei dem bei der Auswertung unter Verwendung von Fuzzy-Logik
eine Signifikanz für eine von den vorgebbaren Manöverinfor-
mationen ermittelt wird, welche Signifikanz eine Sicherheit für
diese eine vorgebbare Manöverinformation beschreibt.

10

9. Verfahren nach Anspruch 8,
bei dem unter Verwendung der Signifikanz diese eine vorgebba-
re Manöverinformation bewertet wird.

15 10. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,
bei dem die ersten und/oder zweiten Zugehörigkeiten jeweils
als ein Bit-Muster codiert werden.

11. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,
20 bei dem eine Regelbasis erstellt wird, welche aus den Fuzzy-
Regeln ausgewählte Fuzzy-Regeln umfasst.

12. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche
bei dem für eine Fuzzy-Regel ein Erfüllungswert ermittelt
25 wird, mit welchem ein Erfüllungsgrad eines Regelergebnisses
der Fuzzy-Regel beschrieben wird.

13. Verfahren nach Anspruch 12,
bei dem für mehrere Fuzzy-Regeln jeweils der Erfüllungswert
30 ermittelt wird und die Erfüllungswerte zu einem Gesamterfüll-
ungswert zusammengefasst werden.

14. Verfahren nach Anspruch 13,
bei dem die eine Manöverinformation unter Verwendung des Ge-
35 samterfüllungswertes ermittelt wird.

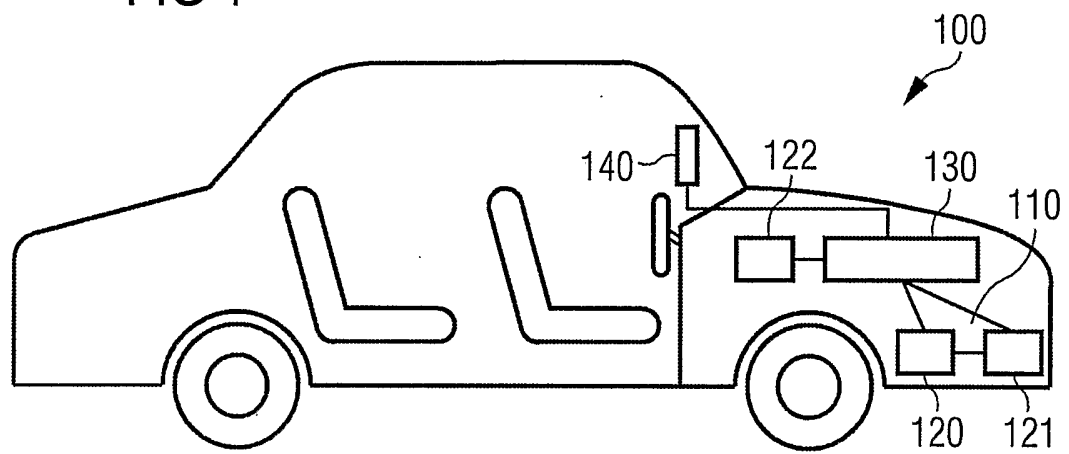
15. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,

eingesetzt in einem Navigationssystem, insbesondere in einem Navigationssystem für ein Kraftfahrzeug, wobei die mobile Einheit das Kraftfahrzeug ist.

- 5 16. Anordnung zur Ermittlung einer Manöverinformation aus einem Satz von vorgebbaren Manöverinformationen für eine mobile Einheit unter Verwendung von Fuzzy-Logik, mit einem Prozessor, der zur Durchführung folgender Schritte eingerichtet ist:
- 10 - bei dem eine Hauptfahrweginformation, welche einen Hauptfahrweg der mobilen Einheit beschreibt, und mindestens eine Nebenfahrweginformation, welche einen zu dem Hauptfahrweg alternativen Fahrweg der mobilen Einheit beschreibt, ermittelt werden,
- 15 - bei dem die Hauptfahrweginformation und die Nebenfahrweginformation unter Verwendung von Fuzzy-Logik ausgewertet werden, wobei die eine Manöverinformation ermittelt wird, derart, dass
- a) für die Hauptfahrweginformation unter Verwendung von Fuzzy-Zugehörigkeitsfunktionen erste Zugehörigkeiten ermittelt werden, mit welchen jeweils die Zugehörigkeit der Hauptfahrweginformation zu einer von den vorgebbaren Manöverinformationen beschrieben wird,
- 20 b) für die Nebenfahrweginformation unter Verwendung von den Fuzzy-Zugehörigkeitsfunktionen zweite Zugehörigkeiten ermittelt werden, mit welchen jeweils die Zugehörigkeit der Nebenfahrweginformation zu einer von den vorgebbaren Manöverinformationen beschrieben wird, und
- 25 c) die ersten und die zweiten Zugehörigkeiten unter Verwendung von Fuzzy-Regeln ausgewertet werden, wobei die eine Manöverinformation ermittelt wird.
- 30
17. Computerprogramm mit Programmcode-Mitteln, um alle Schritte gemäß Anspruch 1 oder Anspruch 2 durchzuführen, wenn
- 35 das Programm auf einem Computer ausgeführt wird.

18. Computerprogramm mit Programmcode-Mitteln gemäß Anspruch 17, die auf einem computerlesbaren Datenträger gespeichert sind.
- 5 19. Computerprogramm-Produkt mit auf einem maschinenlesbaren Träger gespeicherten Programmcode-Mitteln, um alle Schritte gemäß Anspruch 1 oder Anspruch 2 durchzuführen, wenn das Programm auf einem Computer ausgeführt wird.

FIG 1



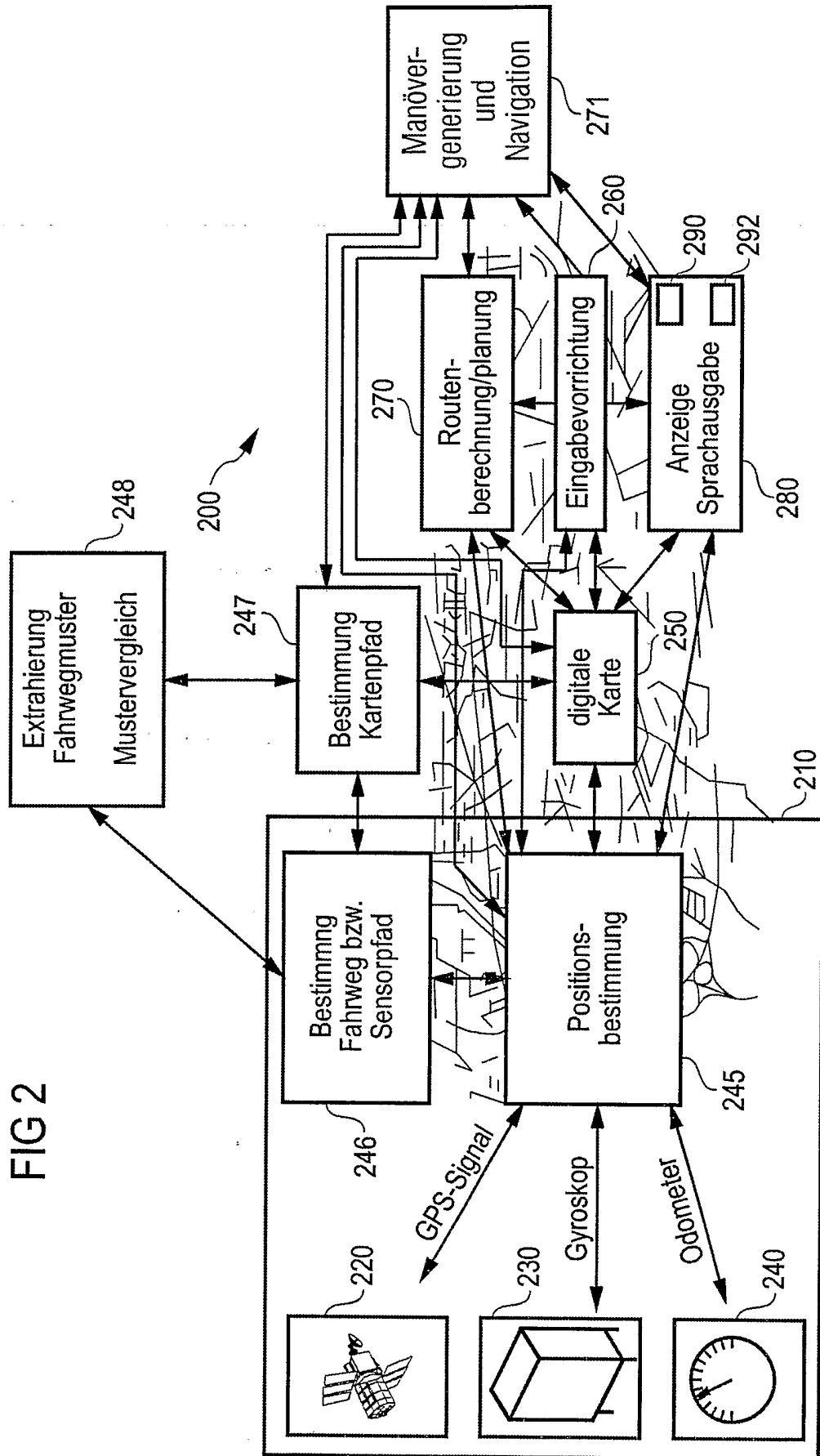
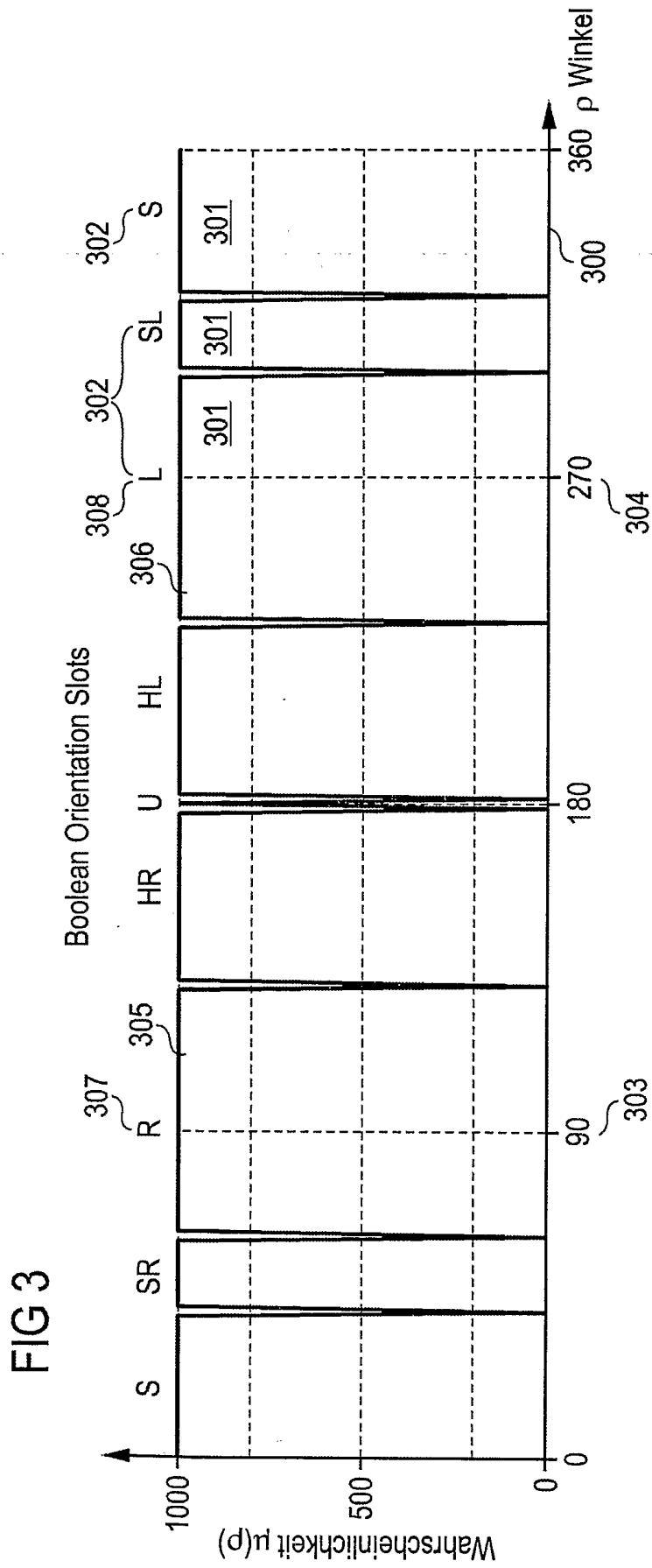
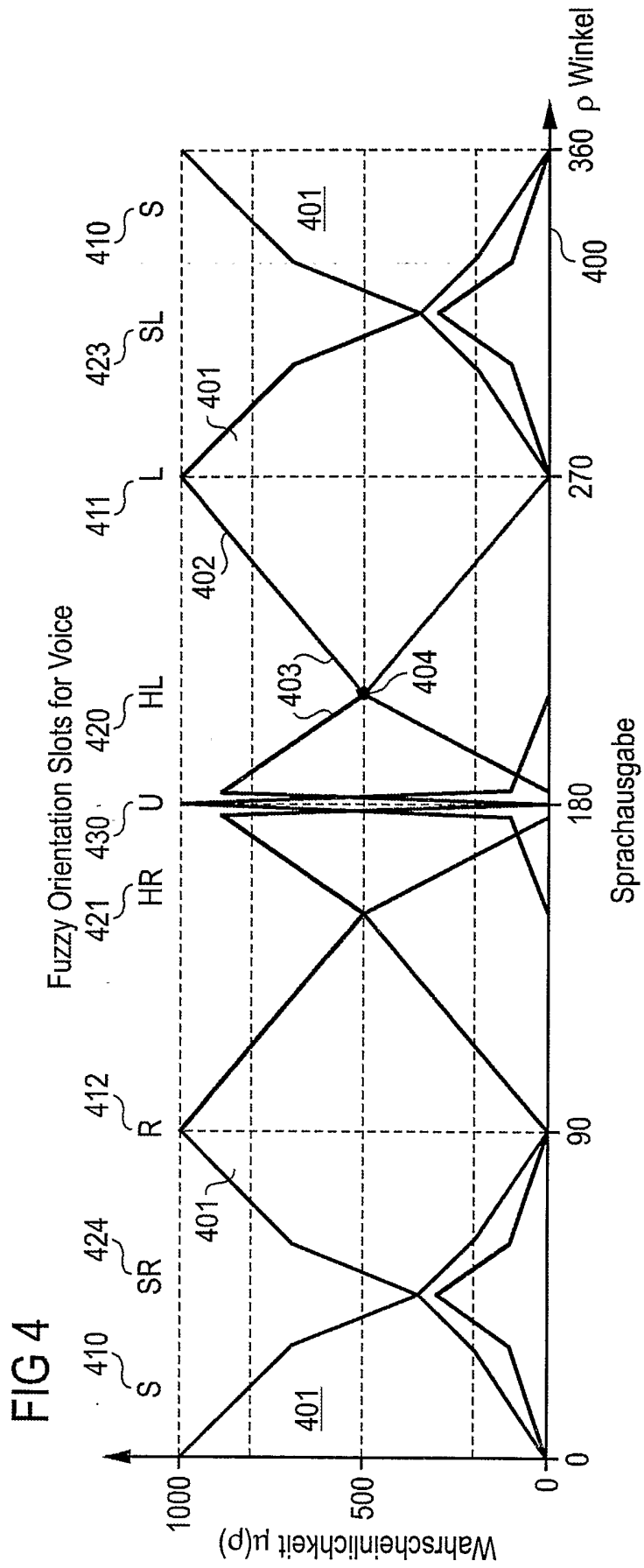


FIG 2





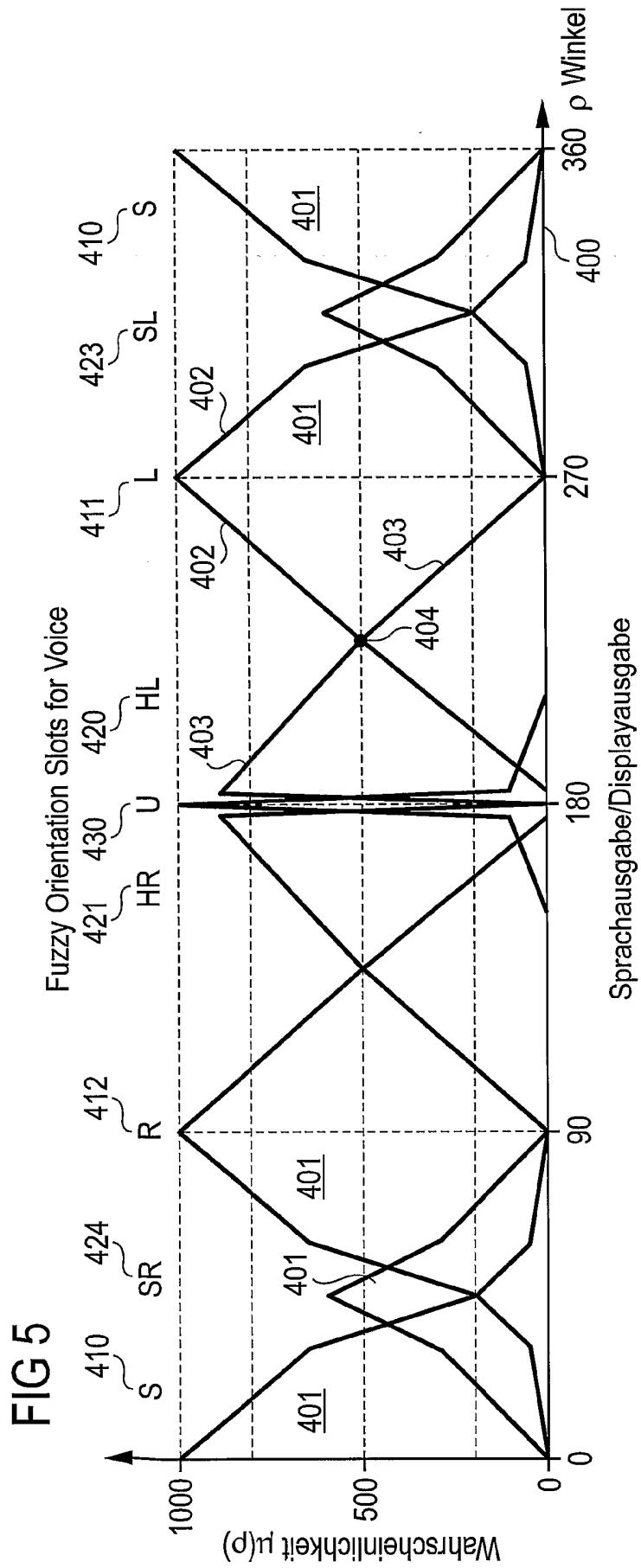


FIG 6

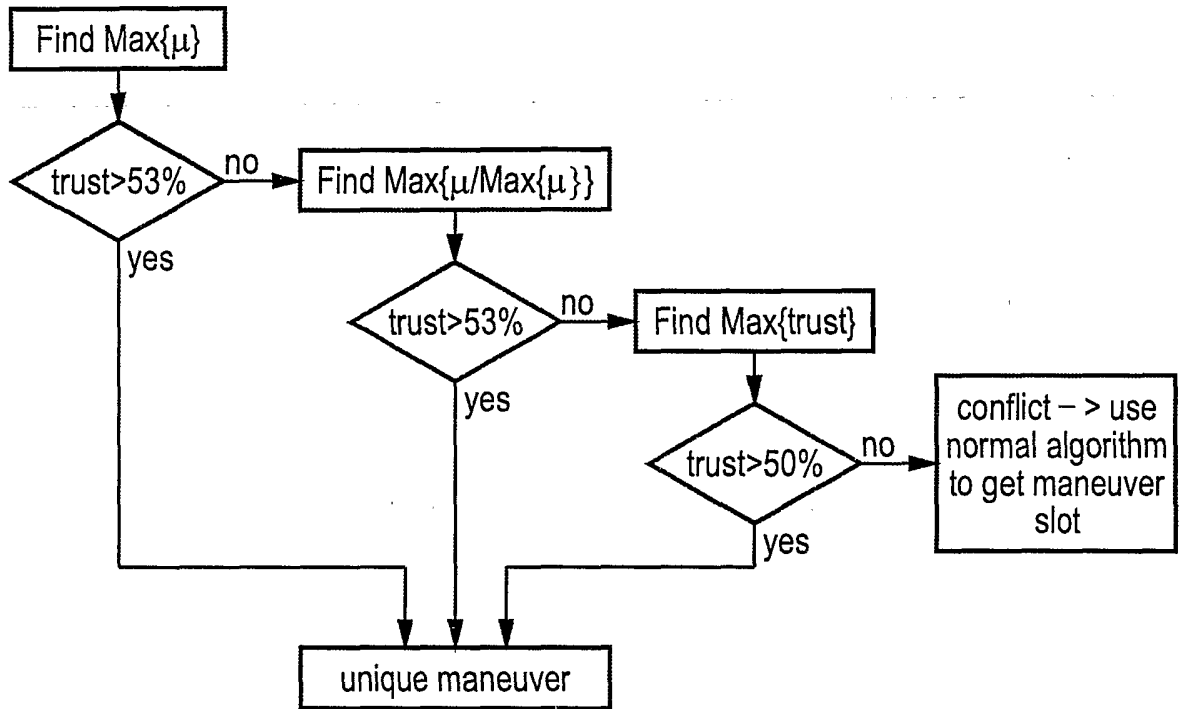


FIG 7

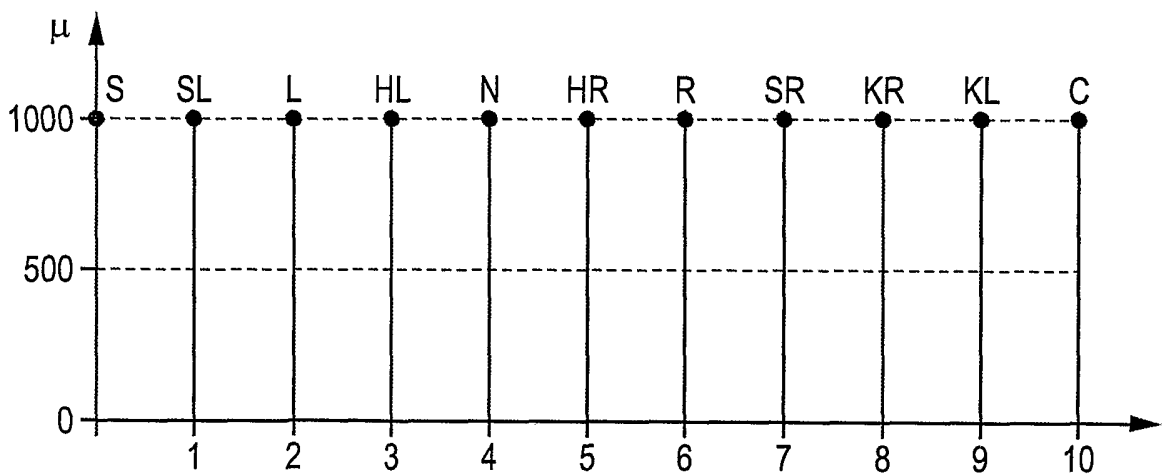


FIG 8

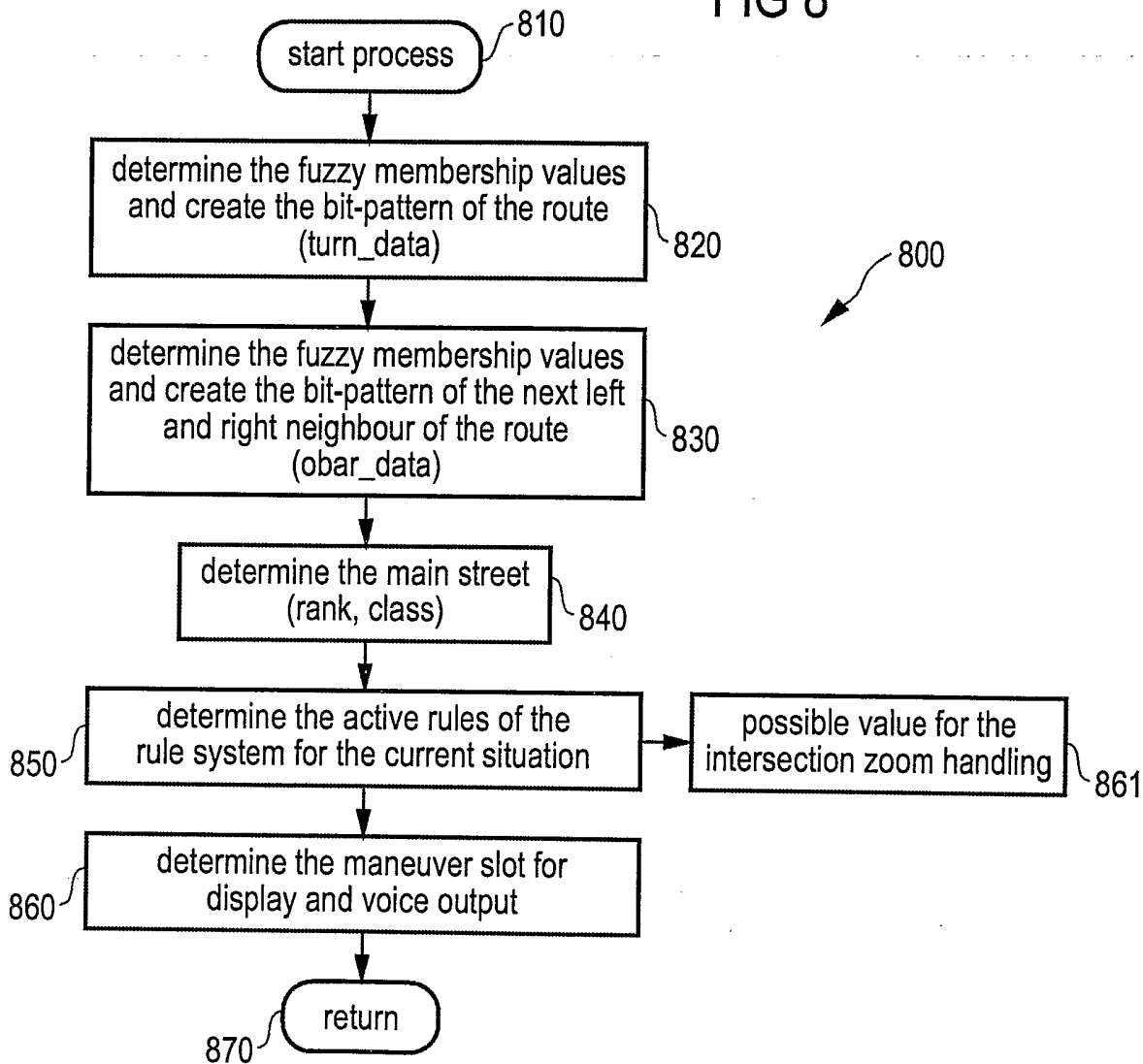


FIG 9

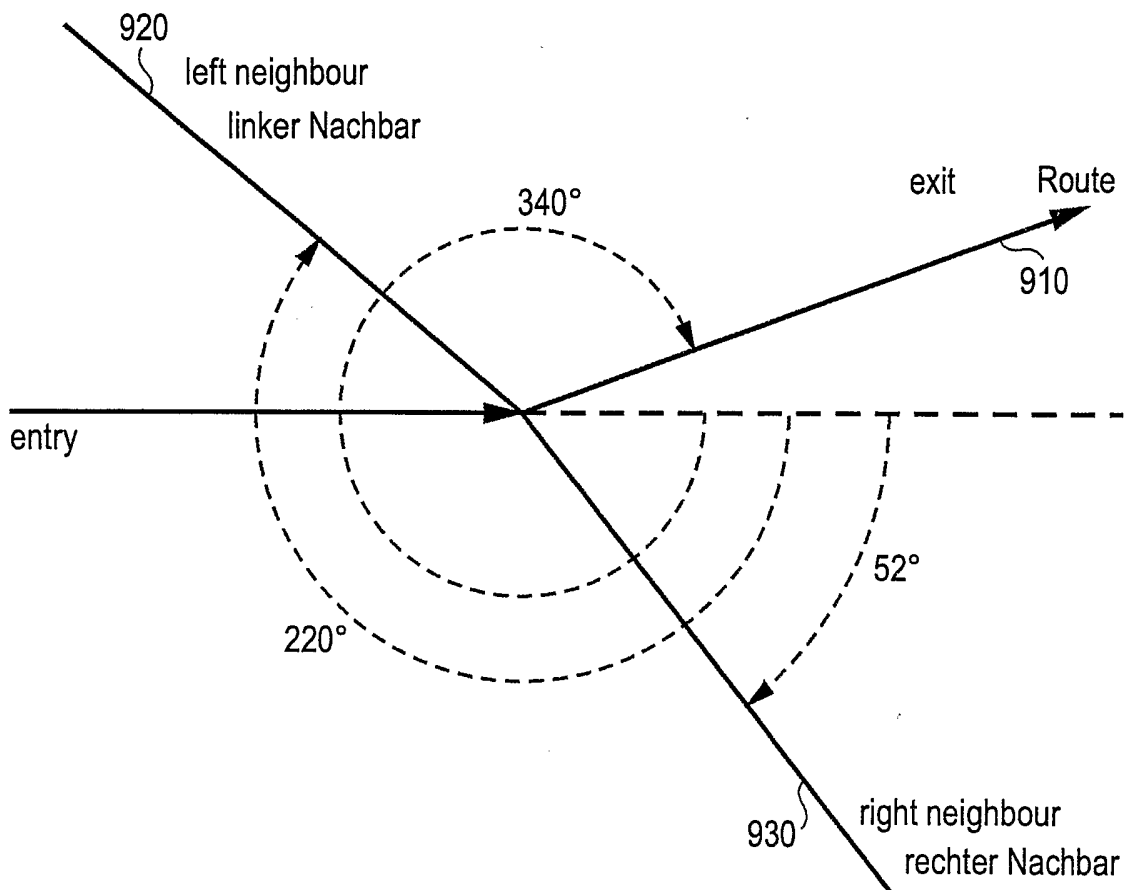
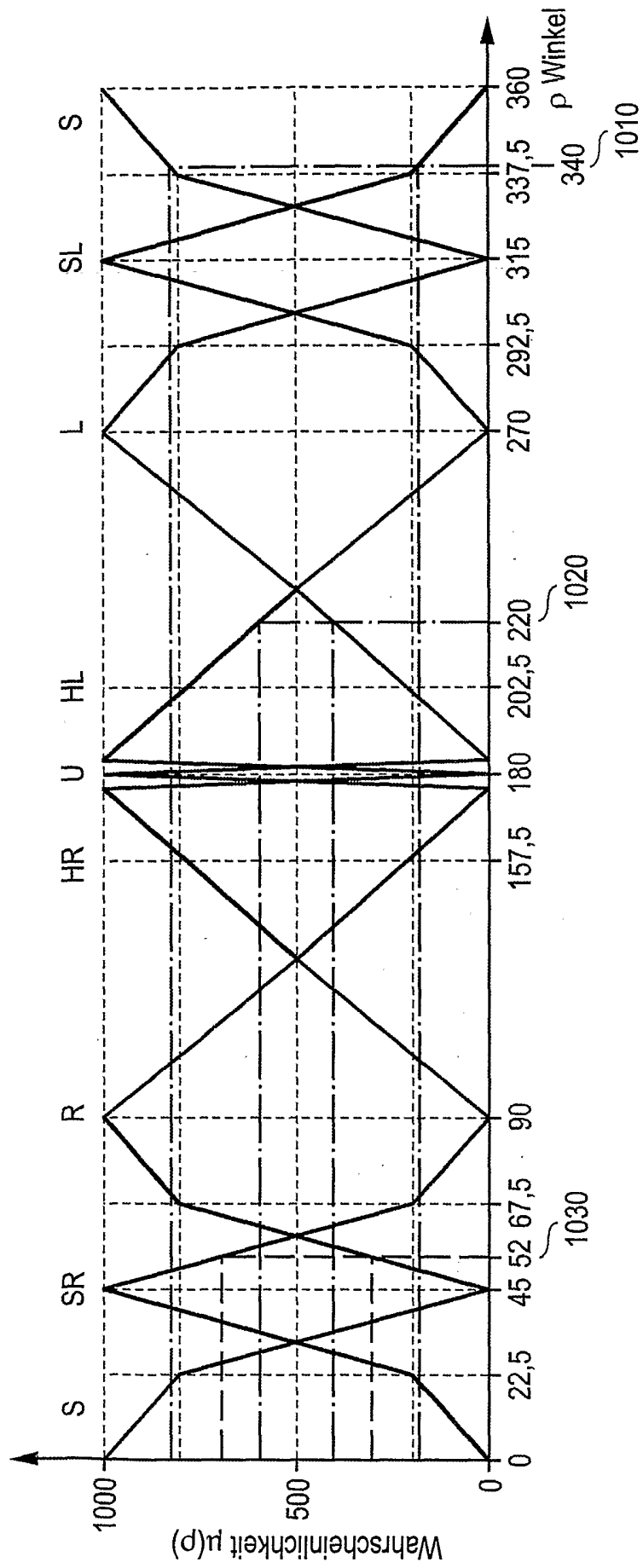


FIG 10



10/12

FIG 11

Regelbasis für Fuzzy II → Softwaremodulversion 0.19
 (Neue Regeln können, wegen Problemen beim "Mergen" der Dateien,
 einfach an das Ende der bestehenden Regelbasis angefügt werden.)

→ Gültig für R, LN, RN, Disp, Voice: (7 1 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 1 0) → (SR | R | R | HR | N | HL | L | SL | S)
 → Gültig für Hauptstrasse: (7 1 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 1 0) → (x | x | x | x | N | R | N | LN | R)

RpIV	Regel-Index	Regel-Nr. (für Grafik)	Route			Linker Nachbar			Rechter Nachbar			Hauptstrasse			Manöver für Display			Manöver für Voice		
			Slot	binär	hex.	Slot	binär	hex.	Slot	binär	hex.	Slot	binär	hex.	Slot	binär	hex.	Slot	binär	hex.
7	0	1	S	0000 0001	0x01	N/HL/L/SL	0001 1110	0x1E	SR/R/HR/N	1111 0000	0x0F	N/R	0000 1001	0x09	S/N	0001 0001	0x01	S/N	0001 0001	0x01
	1	2	S	0000 0001	0x01	SL	0000 0010	0x02	SR	1000 0000	0x80	LN	0000 0010	0x02	S	0000 0001	0x01	S	0000 0001	0x01
	2	3	S	0000 0001	0x01	HL/L	0000 1100	0x0C	R/HR/N	0111 0000	0x70	LN	0000 0010	0x02	S	0000 0001	0x01	S	0000 0001	0x01
	3	4	S	0000 0001	0x01	SL	0000 0010	0x02	R/HR/N	0111 0000	0x70	LN	0000 0010	0x02	SR	1000 0000	0x80	KR	0011 0000	0x30
	4	5	S	0000 0001	0x01	SL	0000 0010	0x02	SR	1000 0000	0x80	RN	0000 0100	0x04	S	0000 0001	0x01	S	0000 0001	0x01
	5	6	S	0000 0001	0x01	N/HL/L	0001 1100	0x1C	R/HR	0110 0000	0x60	RN	0000 0100	0x04	S	0000 0001	0x01	S	0000 0001	0x01
	6	7	S	0000 0001	0x01	N/HL/L	0001 1100	0x1C	SR	1000 0000	0x80	RN	0000 0100	0x04	SL	0000 0010	0x02	KL	0001 1000	0x18
17	7	8	SL	0000 0010	0x02	HL/L	0000 1100	0x0C	S	0000 0001	0x01	N/LN/RN	0000 1110	0x0E	SL	0000 0010	0x02	SL	0000 0010	0x02
	8	9	SL	0000 0010	0x02	HL/L	0000 1100	0x0C	SR	1000 0000	0x80	N	0000 1000	0x08	SL	0000 0010	0x02	SL/S	0000 0011	0x03
	9	10	SL	0000 0010	0x02	L	0000 0100	0x04	R/HR/N	0111 0000	0x70	N/R	0000 1001	0x09	SL	0000 0010	0x02	SL/S	0000 0011	0x03
	10	11	SL	0000 0010	0x02	N/HL	0001 1000	0x18	SR/S	1000 0001	0x81	N/RN	0000 1100	0x0C	SL	0000 0010	0x02	KL/L	0001 1100	0x1C
	11	12	SL	0000 0010	0x02	N/HL	0001 1000	0x18	R/HR/N	0111 0000	0x70	N	0000 1000	0x08	SL	0000 0010	0x02	LS	0000 0101	0x05
	12	13	SL	0000 0010	0x02	N/L	0001 0100	0x14	S	0000 0001	0x01	R	0000 0001	0x01	SL	0000 0010	0x02	KL/SL	0001 1010	0x1A
	13	14	SL	0000 0010	0x02	N/HL/L	0001 1100	0x1C	R/SR	1100 0000	0xC0	R	0000 0001	0x01	SL	0000 0010	0x02	SL/S	0000 0011	0x03
	14	15	SL	0000 0010	0x02	N/HL	0001 1000	0x18	S	0000 0001	0x01	R	0000 0001	0x01	SL	0000 0010	0x02	KL/L	0001 1100	0x1C
	15	16	SL	0000 0010	0x02	HL	0000 1000	0x08	N	0001 0000	0x10	R	0000 0001	0x01	SL	0000 0010	0x02	S	0000 0001	0x01
	16	17	SL	0000 0010	0x02	HL/L	0000 1100	0x0C	SR	1000 0000	0x80	LN	0000 0010	0x02	SL	0000 0010	0x02	SL	0000 0010	0x02
	17	18	SL	0000 0010	0x02	HL/L	0000 1100	0x0C	SR/R/HR/N	1111 0000	0xF0	LN	0000 0010	0x02	SL	0000 0010	0x02	SL/S	0000 0011	0x03
	18	19	SL	0000 0010	0x02	HL	0000 1000	0x08	S	0000 0001	0x01	LN	0000 0010	0x02	SL	0000 0010	0x02	SL	0000 0010	0x02
	19	20	SL	0000 0010	0x02	HL/L	0000 1100	0x0C	SR	1000 0000	0x80	RN	0000 0100	0x04	SL	0000 0010	0x02	KL	0001 1000	0x18
	20	21	SL	0000 0010	0x02	L	0000 0100	0x04	R/HR	0110 0000	0x60	RN	0000 0100	0x04	SL	0000 0010	0x02	SL/S	0000 0011	0x03
	21	22	SL	0000 0010	0x02	N/HL	0001 1000	0x18	R/HR	0110 0000	0x60	RN	0000 0100	0x04	SL	0000 0010	0x02	LS	0000 0101	0x05
	22	23	SL	0000 0010	0x02	N	0001 0000	0x10	N	0001 0000	0x10	R	0000 0001	0x01	S/N	0001 0001	0x11	S/N	0001 0001	0x11
	23	24	SL	0000 0010	0x02	N	0001 0000	0x10	SR	1000 0000	0x80	N/R	0000 1001	0x09	SL	0000 0010	0x02	KL	0001 1000	0x18
3	24	25	L	0000 0100	0x04	N	0001 0000	0x10	SR/R/HR/N/S	1111 0001	0xF1	N/R/LN/RN	0000 11 11	0x0F	L	0000 0100	0x04	L	0000 0100	0x04
	25	26	L	0000 0100	0x04	N/HL	0001 1000	0x18	SL	0000 0010	0x02	N/R/LN/RN	0000 11 11	0x0F	L	0000 0100	0x04	L	0000 0100	0x04
	26	27	L	0000 0100	0x04	HL	0000 1000	0x08	SR/R/HR/N/S	1111 0001	0xF1	N/R/LN/RN	0000 11 11	0x0F	L	0000 0100	0x04	L	0000 0100	0x04
4	27	28	HL	0000 1000	0x08	N	0001 0000	0x10	L/SL	0000 0110	0x06	RN	0000 0100	0x04	HL	0000 1000	0x08	HL	0000 1000	0x08
	28	29	HL	0000 1000	0x08	N	0001 0000	0x10	SR/R/HR/S	1101 0001	0xD1	N/R/RN	0000 1101	0xD0	HL	0000 1000	0x08	L	0000 0100	0x04
	29	30	HL	0000 1000	0x08	N	0001 0000	0x10	L	0000 0100	0x04	N/R	0000 1001	0x09	HL	0000 1000	0x08	HL	0000 1000	0x08
	30	31	HL	0000 1000	0x08	N	0001 0000	0x10	SL	0000 0010	0x02	N/R	0000 1001	0x09	HL	0000 1000	0x08	L	0000 0100	0x04
4	31	32	HR	0010 0000	0x20	SR/R	1100 0000	0xC0	N	0001 0000	0x10	LN	0000 0010	0x02	HR	0010 0000	0x20	HR	0010 0000	0x20
	32	33	HR	0010 0000	0x20	HL/L/SL/S	0000 11 11	0x0F	N	0001 0000	0x10	N/R/LN	0000 10 11	0x08	HR	0010 0000	0x20	R	0100 0000	0x40
	33	34	HR	0010 0000	0x20	R	0100 0000	0x40	N	0001 0000	0x10	N/R	0000 1001	0x09	HR	0010 0000	0x20	HR	0010 0000	0x20
	34	35	HR	0010 0000	0x20	SR	1000 0000	0x80	N	0001 0000	0x10	N/R	0000 1001	0x09	HR	0010 0000	0x20	R	0100 0000	0x40
3	35	36	R	0100 0000	0x40	N/HL/L/SL/S	0001 11 11	0x1F	N	0001 0000	0x10	N/R/LN/RN	0000 11 11	0x0F	R	0100 0000	0x40	R	0100 0000	0x40
	36	37	R	0100 0000	0x40	SR	1000 0000	0x80	HR/N	0011 0000	0x30	N/R/LN/RN	0000 11 11	0x0F	R	0100 0000	0x40	R	0100 0000	0x40
	37	38	R	0100 0000	0x40	N/HL/L/SL/S	0001 11 11	0x1F	HR	0010 0000	0x20	N/R/LN/RN	0000 11 11	0x0F	R	0100 0000	0x40	R	0100 0000	0x40
17	38	39	SR	1000 0000	0x80	S	0000 0001	0x01	R/HR	0110 0000	0x60	N/LN/RN	0000 1110	0x0E	SR	1000 0000	0x80	SR	1000 0000	0x80
	39	40	SR	1000 0000	0x80	SL	0000 0010	0x02	R/HR	0110 0000	0x60	N	0000 1000	0x08	SR	1000 0000	0x80	SR/S	1000 0001	0x81
	40	41	SR	1000 0000	0x80	N/HL/L	0001 1100	0x1C	R	0100 0000	0x40	N/R	0000 1001	0x09	SR	1000 0000	0x80	SR/S	1000 0001	0x81
	41	42	SR	1000 0000	0x80	SL/S	0000 0011	0x03	HR/N	0011 0000	0x30	N/LN	0000 1010	0x0A	SR	1000 0000	0x80	KR/R	0111 0000	0x70
	42	43	SR	1000 0000	0x80	N/HL/L	0001 1100	0x1C	HR/N	0011 0000	0x30	N	0000 1000	0x08	SR	1000 0000	0x80	R/S	0100 0001	0x41
	43	44	SR	1000 0000	0x80	S	0000 0001	0x01	R/N	0101 0000	0x50	R	0000 0001	0x01	SR	1000 0000	0x80	KR/SR	1011 0000	0x80
	44	45	SR	1000 0000	0x80	L/SL	0000 0110	0x06	R/HR/N	0111 0000	0x70	R	0000 0001	0x01	SR	1000 0000	0x80	KR/S	0011 0001	0x31
	45	46	SR	1000 0000	0x80	S	0000 0001	0x01	HR/N	0011 0000	0x30	R	0000 0001	0x01	SR	1000 0000	0x80	KR/R	0111 0000	0x70
	46	47	SR	1000 0000	0x80	N	0001 0000	0x10	HR	0010 0000	0x20	R	0000 0001	0x01	SR	1000 0000	0x80	R/S	0100 0001	0x41
	47	48	SR	1000 0000	0x80	SL	0000 0010	0x02	R/HR	0110 0000	0x60	LN	0000 0010	0x02	SR	1000 0000	0x80	KR	0011 0000	0x30
	48	49	SR	1000 0000	0x80	HL/L	0000 1100	0x0C	R	0100 0000	0x40	LN	0000 0010	0x02	SR	1000 0000	0x80	SR/S	1000 0001	0x81
	49	50	SR	1000 0000	0x80	HL/L	0000 1100	0x0C	HR/N	0011 0000	0x30	LN	0000 0010	0x02	SR	1000 0000	0x80	R/S	0100 0001	0x41
	50	51	SR	1000 0000	0x80	SL	0000 0010	0x02	R/HR	0110 0000	0x60	RN	0000 0100	0x04	SR	1000 0000	0x80	SR	1000 0000	0x80
	51	52	SR	1000 0000	0x80	HL/L/SL	0000 1110	0x0E	R/HR	0110 0000	0x60	RN	0000 0100	0x04	SR	1000 0000	0x80	SR/S	1000 0001	0x81
	52	53	SR	1000 0000	0x80	S	0000 0001	0x01	HR	0010 0000	0x20	RN	0000 0100	0x04	SR	1000 0000	0x80	SR	1000 0000	0x80
	53	54	SR	1000 0000	0x80	N	0001 0000	0x10	N	0001 0000	0x10	R	0000							

FIG 12

Regelbasis für Fuzzy V2.16

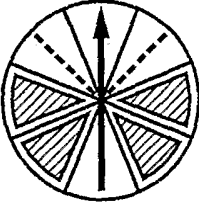

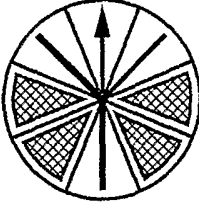

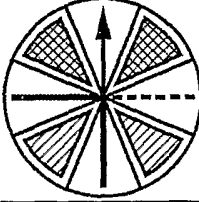

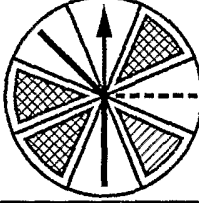

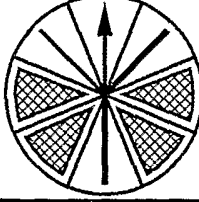

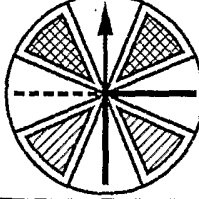

0		 Straight (suppress)
1		 Straight
2		 Straight
3		 Keep Right
4		 Straight
5		 Straight

FIG 13

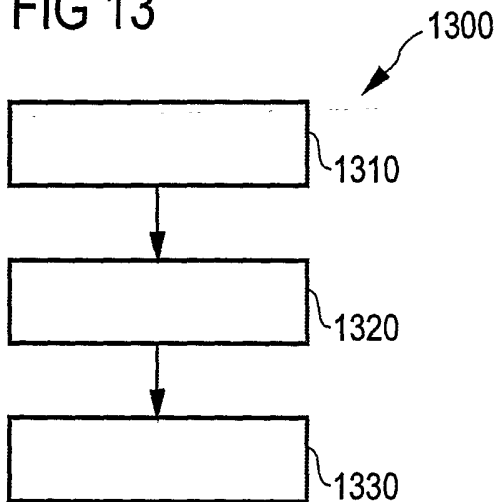
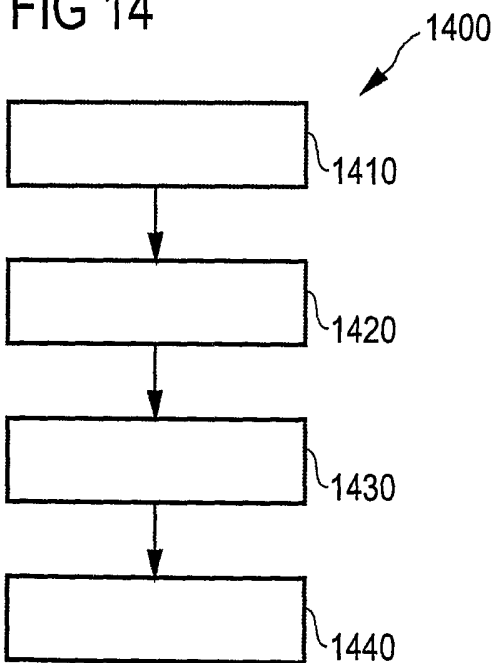


FIG 14



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intern Application No
PCT/DE 02/04421

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 G01C21/34 G06F17/60

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 G01C G06F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	US 6 212 470 B1 (BARNEA MICHAEL ET AL) 3 April 2001 (2001-04-03) abstract column 2, line 66 -column 3, line 61 column 5, line 25 - line 30 ---	1,17-19 2-16
X	PIN F G ET AL: "Driving a car using reflexive fuzzy behaviors" PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON FUZZY SYSTEMS. SAN FRANCISCO, MAR. 28 - APR. 1, 1993, NEW YORK, IEEE, US, vol. 2 CONF. 2, 28 March 1993 (1993-03-28), pages 1425-1430, XP010103950 ISBN: 0-7803-0614-7	1,17-19
A	the whole document -----	2-16

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- * & * document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search 6 May 2003	Date of mailing of the international search report 12/05/2003
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Hunt, J

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 02/04421

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
US 6212470	B1	03-04-2001	DE	69231206 D1	03-08-2000
			DE	69231206 T2	01-03-2001
			EP	0577782 A1	12-01-1994
			JP	6504132 T	12-05-1994
			WO	9309510 A1	13-05-1993

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Intern des Aktenzeichen
PCT/DE 02/04421

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 G01C21/34 G06F17/60

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RESEARCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 G01C G06F

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)
EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie ^o	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 6 212 470 B1 (BARNEA MICHAEL ET AL) 3. April 2001 (2001-04-03)	1,17-19
A	Zusammenfassung Spalte 2, Zeile 66 - Spalte 3, Zeile 61 Spalte 5, Zeile 25 - Zeile 30 -----	2-16
X	PIN F G ET AL: "Driving a car using reflexive fuzzy behaviors" PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON FUZZY SYSTEMS. SAN FRANCISCO, MAR. 28 - APR. 1, 1993, NEW YORK, IEEE, US, Bd. 2 CONF. 2, 28. März 1993 (1993-03-28), Seiten 1425-1430, XP010103950 ISBN: 0-7803-0614-7	1,17-19
A	das ganze Dokument -----	2-16

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

^o Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

- *T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- *X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- *Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- *Z* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

6. Mai 2003

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

12/05/2003

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Hunt, J

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 02/04421

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 6212470	B1	DE 69231206 D1	03-08-2000
		DE 69231206 T2	01-03-2001
		EP 0577782 A1	12-01-1994
		JP 6504132 T	12-05-1994
		WO 9309510 A1	13-05-1993
