



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 601 21 309 T2** 2007.07.05

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 269 445 B1**

(51) Int Cl.⁸: **G08G 1/00** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **601 21 309.2**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US01/06252**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **01 913 107.7**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2001/065520**

(86) PCT-Anmeldetag: **28.02.2001**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **07.09.2001**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **02.01.2003**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **05.07.2006**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **05.07.2007**

(30) Unionspriorität:

185748 P 29.02.2000 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:

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

(73) Patentinhaber:

Calspan Corp., Buffalo, N.Y., US

(72) Erfinder:

**JACOY, H., Edward, Williamsville, NY 14221, US;
KNIGHT, R., James, Columbia, MD 21045, US;
LENEY, F., Thomas, Elma, NY 14059, US; PIRSON,
A., Herbert, Amherst, NY 14226, US; PIEROWICZ,
A., John, Lancaster, NY 14086, US**

(74) Vertreter:

**Hauck Patent- und Rechtsanwälte, 20354
Hamburg**

(54) Bezeichnung: **EINRICHTUNG UND VORRICHTUNG ZUR VERMEIDUNG VON UNFÄLLEN AN KREUZUNGEN**

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 eingelegt, 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

1. Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein System und Verfahren zur Vermeidung von Fahrzeugunfällen auf Kreuzungen. Insbesondere betrifft die vorliegende Erfindung das Erfassen des Vorhandenseins eines Bedrohungsfahrzeugs, das sich derselben Kreuzung nähert wie das Versuchsfahrzeug.

2. Erörterung es allgemeinen Stands der Technik

[0002] Straßenkreuzungen sind Bereiche möglicher Zusammenstöße, in denen Fahrzeuge, die versuchen, diese Stellen zu überqueren, einer größeren Gefahr ausgesetzt sind. Durch die unterschiedliche Beschaffenheit von Kreuzungsanordnungen und die Anzahl der Fahrzeuge, die sich diesen Stellen nähern und über sie hinweg fahren, entsteht eine Vielfalt von Unfallszenarien. Vorläufige Schätzungen der zuständigen US-Behörde National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) weisen darauf hin, dass Unfälle beim Überqueren der Fahrbahn, zu denen es an Kreuzungen kommt, etwa 26 Prozent aller von der Polizei registrierten Unfälle pro Jahr ausmachen, ungefähr 1,7 Millionen Unfälle pro Jahr. Unter Berücksichtigung der nicht von der Polizei registrierten Unfälle dieser Art steigt die Gesamtzahl der Unfälle beim Überqueren der Fahrbahn auf ungefähr 3,7 Millionen pro Jahr. Diese Unfälle können in vier Szenarien eingeteilt werden (aus der Perspektive eines Fahrzeugs, das die Unfallereignisse auslöst).

[0003] [Fig. 1](#) zeigt das erste Szenario. Ein Versuchsfahrzeug **100** muss nicht anhalten, es liegt keine Verletzung einer Vorrichtung zur Verkehrslenkung vor und das Versuchsfahrzeug **100** wird auf einer Fahrbahn langsamer oder hält an. Es kann sein, dass das Versuchsfahrzeug **100** die Vorfahrt beachten, jedoch nicht anhalten muss, sodass keine Verletzung einer Lenkungs Vorrichtung vorliegt. In den meisten dieser Fälle nähert sich das Versuchsfahrzeug **100** einer Ampel, die eine Grünphase anzeigt, während in den restlichen Fällen Kreuzungen vorliegen, bei denen die Fahrtrichtung des Versuchsfahrzeugs **100** nicht durch eine Vorrichtung zur Verkehrslenkung geregelt wird. Es kommt zum Unfall, wenn das Versuchsfahrzeug **100** versucht, nach links über die Fahrbahn eines entgegenkommenden Bedrohungsfahrzeugs (HAF) **102** abzubiegen. Üblicherweise wird das Versuchsfahrzeug **100** auf der Fahrbahn entweder langsamer oder hält an.

[0004] Das zweite Szenario ist in [Fig. 2](#) dargestellt. In diesem Fall muss das Versuchsfahrzeug **100** bedingt durch eine Vorrichtung zur Verkehrslenkung anhalten, beachtet die Lenkungs Vorrichtung und hält an und fährt in die Kreuzung ein. Beinahe alle Fälle in dieser Gruppe sind Kreuzungen mit Stoppschildern

entlang der Straße, auf der das Versuchsfahrzeug **100** fährt. Es befindet sich keine Verkehrsleiteinrichtung auf der Straße, auf der das andere Fahrzeug **102** fährt. Es kommt zum Unfall, wenn das Versuchsfahrzeug **100** versucht, die Kreuzung zu überqueren oder links auf die Straße abzubiegen, auf der das Bedrohungsfahrzeug **102** fährt.

[0005] [Fig. 3](#) zeigt das dritte Szenario. Obwohl das Versuchsfahrzeug **100** einer Vorrichtung zur Verkehrslenkung entsprechend anhalten muss, fährt das Versuchsfahrzeug **100** ohne anzuhalten auf die Kreuzung (unter Verletzung der Vorrichtung zur Verkehrslenkung). In den meisten dieser Fälle fährt das Versuchsfahrzeug **100** geradeaus weiter (d.h. es biegt nicht ab).

[0006] Das vierte Szenario ist in [Fig. 4](#) dargestellt. In diesem Fall nähert sich das Versuchsfahrzeug **100** einer Kreuzung mit Ampelregelung bei roter Ampelphase. Das Versuchsfahrzeug **100** hält an und fährt dann in die Kreuzung ein, bevor die Ampel auf Grün umschaltet.

[0007] Unterschiedliche Systeme, wie das VORAD-System zur Vermeidung von Unfällen und das Stabilitätsverbesserungssystem von Mercedes-Benz veranschaulichen die Möglichkeit zur Erfassung von Unfallsituationen und zur Kontrolle der Stabilität des Fahrzeugs während eines Manövers zur Vermeidung eines Unfalls. Die Anwendung dieser und weiterer Technologien des Stands der Technik ist Bestandteil eines Programms zur grundlegenden Umgestaltung der Verkehrssicherheit. Mit diesem Programm mit der allgemeinen Bezeichnung „Intelligent Transportation Systems“ (ITS) wird versucht, Sensoren und Verarbeitungseinrichtungen in Kraftfahrzeuge einzugliedern, um ihre Sicherheit und ihren Nutzen zu erhöhen. Diese Systeme finden jedoch hauptsächlich bei Auffahrunfällen und Unfällen beim Spurwechsel Anwendung und bieten keine umfassende Vorbeugung von Kreuzungsunfällen.

[0008] In FR-A-2562694 ist ein System zur Unterstützung des Fahrens von Fahrzeugen offenbart, wobei Mittel zum Erfassen des Vorhandenseins und/oder der Geschwindigkeit von Fahrzeugen an den Ecken einer Kreuzung angeordnet sind. Die erfassten Signale werden verwendet, um zu bestimmen, ob sich ein Fahrzeug an die Verkehrsregelung hält (z.B. an einer roten Ampel hält) oder nicht, indem die erfassten Ergebnisse mit typischen Situationen verglichen werden, die im Speicher abgespeichert sind. An das verstoßende Auto und alle anderen Autos, die gefährdet sein könnten, wird über Empfangssysteme, mit denen jedes Auto ausgestattet ist, eine Warnung übertragen.

[0009] Ein derartiges System weist mehrere erhebliche Nachteile auf. Erstens ist die Leistungsfähigkeit

des Systems auf Situationen beschränkt, die den Beispielen entsprechen, die in seinem Speicher abgespeichert sind. Auch wenn ein Fahrzeug Verkehrsregeln nicht einhält oder Erwartungen nicht erfüllt, muss es keine Bedrohung für andere Fahrzeuge darstellen. Wenn die erfassten Signale jedoch keiner der vorbestimmten Szenarien entsprechen, hat das System keine andere Möglichkeit als eine Warnung abzugeben, was zu zahlreichen Fehlalarmen führt. Zweitens muss das System in Abhängigkeit von der Straßenanordnung und dem typischen Verkehrsaufkommen individuell an die fraglichen Kreuzungen angepasst werden. Der Aufbau eines derartigen Systems an jeder Kreuzung wäre übermäßig teuer und unpraktisch.

[0010] In EP A-0 464 821 ist ein weiteres Beispiel für die Anwendung von ITS bereitgestellt, bei dem ein Fahrzeug mit einem Radarsystem versehen ist, das dafür eingerichtet ist, Hindernisse zu erkennen und die Straße vor dem Fahrzeug zu erfassen. Es findet sich jedoch keine Lehre bezüglich der Vermeidung von Unfällen an Kreuzungen.

KURZDARSTELLUNG DER ERFINDUNG

[0011] Die vorliegende Erfindung stellt ein Verfahren und System zur Vermeidung von Unfällen an Kreuzungen zwischen einem Versuchsfahrzeug und weiteren Fahrzeugen bereit, sodass die Nachteile des Stands der Technik überwunden werden.

[0012] Gemäß der vorliegenden Erfindung umfasst ein Verfahren zur Vermeidung von Unfällen eines Versuchsfahrzeugs das Abtasten mindestens einer Fahrbahn, die auf eine Kreuzung führt, das Erfassen des Vorhandenseins eines Bedrohungsfahrzeugs auf der mindestens einen Fahrbahn; und Abgeben einer Warnung, gekennzeichnet durch die Vorhersage, ob das Versuchsfahrzeug und das Bedrohungsfahrzeug die Kreuzung zur gleichen Zeit einnehmen werden, und dadurch, dass die Warnung als Reaktion auf die Vorhersage abgegeben wird. Entsprechend ist eine Vorrichtung zur Vermeidung von Unfällen zum Vermeiden von Unfällen eines Versuchsfahrzeugs vorgesehen, die mindestens eine Radareinheit umfasst, so ausgelegt, dass sie mindestens eine Fahrbahn abtastet, die auf eine Kreuzung führt, eine Einheit zum Verarbeiten, so angepasst, dass sie Daten verarbeitet, die von der mindestens einen Radareinheit erhalten werden, um das Vorhandensein eines Bedrohungsfahrzeugs auf der mindestens einen Fahrbahn zu erfassen; und eine Schnittstelle, die so angepasst ist, dass sie eine Warnung abgibt, dadurch gekennzeichnet, dass die Einheit zum Verarbeiten weiter so angepasst ist, dass sie vorhersagt, ob das Versuchsfahrzeug und das Bedrohungsfahrzeug die Kreuzung zur gleichen Zeit einnehmen werden, und dadurch, dass die Schnittstelle die Warnung als Reaktion auf die Vorhersage abgibt.

[0013] Vorzugsweise wird als Reaktion darauf, dass das Versuchsfahrzeug in einen vorbestimmten Abstand einer Kreuzung eintritt, der linke, rechte und vordere Bereich des Versuchsfahrzeugs getrennt abgetastet. Das Vorhandensein eines Bedrohungsfahrzeugs auf der mindestens einen Fahrbahn wird erfasst. Es wird vorhergesagt, ob das Versuchsfahrzeug und das Bedrohungsfahrzeug die Kreuzung zur gleichen Zeit einnehmen werden. Als Reaktion auf die Vorhersage wird eine Warnung abgegeben.

[0014] Vorzugsweise umfasst das Verfahren ferner das Speichern einer Karte in einer Datenbank, wobei die Karte mindestens eine Kreuzung mit einer Vorrichtung zur Verkehrslenkung umfasst. Es werden Koordinatendaten erhalten, die eine Position des Versuchsfahrzeugs wiedergeben. Es wird bestimmt, ob das Versuchsfahrzeug in eine der mindestens einen Kreuzungen unter Verletzung einer zugehörigen Vorrichtung zur Verkehrslenkung eintritt. An einen Fahrer des Versuchsfahrzeugs wird als Reaktion auf eine Bestimmung, dass das Versuchsfahrzeug in eine der mindestens einen Kreuzungen unter Verletzung einer zugehörigen Vorrichtung zur Verkehrslenkung eintritt, eine Warnung abgegeben. Es wird ein Bereich um die Kreuzung herum abgetastet. Sämtliche Bedrohungsfahrzeuge im abgetasteten Bereich werden identifiziert. Es wird vorhergesagt, ob das Versuchsfahrzeug und das Bedrohungsfahrzeug die Kreuzung zur gleichen Zeit einnehmen werden. An den Fahrer des Versuchsfahrzeugs wird als Reaktion auf die Vorhersage, dass das Versuchsfahrzeug und das Bedrohungsfahrzeug die Kreuzung zur gleichen Zeit einnehmen werden, eine Warnung abgegeben. Es wird bestimmt, ob die vorherrschenden Bedingungen eine geringe Wahrscheinlichkeit eines Unfalls an der Kreuzung anzeigen. Die Warnung an einen Fahrer des Versuchsfahrzeugs wird als Reaktion auf eine Vorhersage blockiert, wenn die vorherrschenden Bedingungen eine geringe Wahrscheinlichkeit eines Unfalls auf der Kreuzung anzeigen.

[0015] Vorzugsweise umfasst die Vorrichtung zur Vermeidung von Unfällen linke, rechte und mittlere Radarantennen, die auf dem Fahrzeug montiert sind. Eine Steuerung ist so programmiert, dass sie die linken und rechten Radarantennen in einem vorbestimmten Winkel im Verhältnis zu linken beziehungsweise rechten Kontrollpunkten hin- und herbewegt, wobei die Kontrollpunkte Positionen auf linken und rechten Fahrbahnen darstellen, die auf eine Kreuzung führen. Die Steuerung ist auch so programmiert, dass sie die linken und rechten Kontrollpunkte von der Kreuzung weg bewegt, wenn sich das Versuchsfahrzeug der Kreuzung nähert.

[0016] Vorzugsweise ist auch eine Karten-Datenbank bereitgestellt, wobei eine Karte in der Datenbank eine Kreuzung umfasst. Ein Positionssensor kann ein Bedrohungsfahrzeug, das sich der Kreuzung

zung nähert, von anderen Gegenständen unterscheiden, die von den linken, rechten und mittleren Radarantennen erfasst werden. Eine Steuerung kann bestimmen, ob das Versuchsfahrzeug und das Bedrohungsfahrzeug eine Kreuzung zur gleichen Zeit einnehmen werden. Die Steuerung ist so programmiert, dass sie ein Warnsignal als Reaktion darauf abgibt, ob das Versuchsfahrzeug und das Bedrohungsfahrzeug eine Kreuzung zur gleichen Zeit einnehmen werden, und wenn die vorherrschenden Bedingungen keine geringe Wahrscheinlichkeit eines Unfalls an der Kreuzung anzeigen.

[0017] Weitere Ausführungsbeispiele und Vorteile der vorliegenden Erfindung können aus der vorliegenden Offenbarung und den zugehörigen Zeichnungen ermittelt werden.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0018] Die vorliegende Erfindung wird in der folgenden ausführlichen Beschreibung unter Bezug auf die angegebene Vielzahl von Zeichnungen als nicht einschränkende Beispiele für bestimmte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung weiter beschrieben, in denen gleiche Bezugszeichen in allen unterschiedlichen Zeichnungsansichten gleiche Elemente darstellen und wobei:

[0019] [Fig. 1](#) bis [Fig. 4](#) Unfallszenarien veranschaulichen;

[0020] [Fig. 5](#) bis [Fig. 8](#) die Ursachen der Unfallszenarien von [Fig. 1](#) bis [Fig. 4](#) veranschaulichen;

[0021] [Fig. 9](#) die Architektur der bevorzugten Ausführungsform des Gegenmaßnahmensystems der vorliegenden Erfindung veranschaulicht;

[0022] [Fig. 10](#) den Datenaustausch zwischen den Bestandteilen der Ausführungsform von [Fig. 9](#) veranschaulicht;

[0023] [Fig. 11](#) den Algorithmus für die Ausführungsform von [Fig. 9](#) veranschaulicht;

[0024] [Fig. 12](#) bis [Fig. 15](#) die Zweige des Algorithmus' von [Fig. 11](#) für die Unfallszenarien von [Fig. 1](#) bis [Fig. 4](#) veranschaulichen;

[0025] [Fig. 16](#) eine Systemarchitektur einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung veranschaulicht;

[0026] [Fig. 17](#) eine senkrechte Kreuzung mit vier zweispurigen Straßen veranschaulicht;

[0027] [Fig. 18](#) eine Radareinheit der bevorzugten Ausführungsform der Erfindung veranschaulicht;

[0028] [Fig. 19](#) ein Echtzeitszenario gemäß der bevorzugten Ausführungsform der Erfindung veranschaulicht, wenn ein Versuchsfahrzeug entlang einer Strecke, die digital in einer GIS-Karte vorliegt, auf Kreuzungen trifft;

[0029] [Fig. 20](#) Veränderungen des Bereichs des Abtastwinkels gemäß der bevorzugten Ausführungsform der Erfindung veranschaulicht, wenn sich ein Versuchsfahrzeug einer senkrechten Kreuzung nähert;

[0030] [Fig. 21](#) den Vorgang der bevorzugten Ausführungsform der Erfindung zur Verfolgung weiterer Fahrzeuge veranschaulicht, die sich derselben Kreuzung nähern wie das Versuchsfahrzeug;

[0031] [Fig. 22](#) verschiedene mögliche Situationen für einen Unfallfehlalarm veranschaulicht; und

[0032] [Fig. 23](#) Grenzen um eine Kreuzung herum zum Aktivieren/Blockieren von Warnungen veranschaulicht.

[0033] [Fig. 24](#) veranschaulicht, wie in der Karten-Datenbank **206** eine Kreuzung dargestellt ist.

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG DES AUSFÜHRUNGSBEISPIELS

[0034] Die Einzelheiten, die hier dargestellt sind, dienen lediglich als Beispiel und zur veranschaulichenden Erörterung der Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung und sind dargestellt, um darzulegen, was als die zweckmäßigste und am einfachsten zu verstehende Beschreibung der Grundsätze und konzeptionellen Gesichtspunkte der vorliegenden Erfindung erachtet wird. In dieser Hinsicht wird nicht versucht, konstruktive Einzelheiten der vorliegenden Erfindung ausführlicher darzustellen, als für das grundlegende Verständnis der vorliegenden Erfindung erforderlich ist, da aus der Beschreibung zusammen mit den Zeichnungen für den Fachmann deutlich wird, wie die verschiedenen Formen der vorliegenden Erfindung in der Praxis umgesetzt werden können.

A. Systemüberblick

[0035] Die zuvor aufgeführten Szenariengruppen weisen gemeinsame Faktoren auf, anhand derer die Unfälle durch Anwendung ähnlicher funktioneller Ziele verhindert werden können. Vor der Erörterung des Gegenmaßnahmensystems, das für diese Szenarien entwickelt wurde, ist es von Vorteil, die dynamische Situation zu betrachten, die mit jedem dieser Szenarien in Zusammenhang steht, die sich alle ausschließlich auf die Handlungen des Versuchsfahrzeugs **100** konzentrieren.

[0036] Szenario 1 unterscheidet sich von anderen Szenarien, da das Versuchsfahrzeug **100** nach links über die Fahrbahn des Bedrohungsfahrzeugs **102** abbiegt. Die meisten Fälle, die diesem Szenario entsprechen, treten an Kreuzungen mit Lichtzeichenanlagen auf, während die übrigen an Kreuzungen ohne Verkehrsleiteinrichtungen auftreten. [Fig. 5](#) veranschaulicht die zu diesem Szenario gehörenden Unfallmerkmale. In allen Fällen wird das Versuchsfahrzeug **100** auf der Fahrbahn entweder langsamer oder hält an, während es darauf wartet, links abzubiegen.

[0037] Diese Art Unfall kann durch verschiedene Faktoren verursacht werden. Über 90 Prozent sind auf eine fehlerhafte Wahrnehmung zurückzuführen: Geschaut, anderen aber nicht gesehen (26,5 Prozent), Versuchte, schneller als anderes Fahrzeug zu sein (24,9 Prozent), Versperrte/beeinträchtigte Sicht (20,7 Prozent) und Unaufmerksamkeit des Fahrers (17,9 Prozent). Der Einflussfaktor ist in jedem Fall, dass das Versuchsfahrzeug **100** versucht, mit einem unangemessenen Fahrzeugabstand über die Fahrbahn eines Fahrzeugs links abzubiegen. Eine geeignete Gegenmaßnahme besteht darin, den Fahrer des Versuchsfahrzeugs **100** vor dem unangemessenen Abstand zu warnen, bevor der Fahrer weiter abbiegt.

[0038] Szenario 2 unterscheidet sich durch die Bewegung des Versuchsfahrzeugs **100**. Bei diesem Szenario beachtet das Versuchsfahrzeug **100** die Vorrichtung zur Verkehrslenkung und hält an und fährt dann vorzeitig in die Kreuzung ein. Es kommt zum Unfall, wenn das Versuchsfahrzeug **100** versucht abzubiegen oder geradeaus über die Kreuzung zu fahren. [Fig. 6](#) veranschaulicht die Verteilung der zu diesem Szenario gehörenden Merkmale. Wie bei Szenario 1 fährt der Fahrer mit einem unangemessenen Fahrzeugabstand in die Kreuzung ein. Obwohl das Szenario sich durch die senkrechten Wege der Fahrzeuge bei diesem Szenario unterscheidet, ist die zugrunde liegende Einflussgröße dieselbe. Eine geeignete Gegenmaßnahme besteht im Abtasten der senkrechten Fahrbahnen und dem Warnen vor den sich nähernden Fahrzeugen.

[0039] In Szenario 3 fährt das Versuchsfahrzeug **100** unter Verletzung einer Vorrichtung zur Verkehrslenkung über eine Kreuzung. [Fig. 7](#) veranschaulicht die zu diesem Szenario gehörenden Merkmale. In den meisten Fällen überquert das Versuchsfahrzeug **100** die Kreuzung auf geradem Wege. Dieses Manöver hat einen Einfluss auf die Geschwindigkeit, mit der sich das Fahrzeug der Kreuzung nähert (z.B. wird der Fahrer des Versuchsfahrzeugs **100** beim Abbiegen gewöhnlich langsamer und biegt dann weiter ab). Eine Ausnahme dieser Tatsache liegt vor, wenn das Versuchsfahrzeug **100** mit geringer Geschwindigkeit fährt und der Fahrer glaubt, dass er mit der momentanen Geschwindigkeit sicher abbiegen kann. Im Ge-

gensatz zu Szenario 1 und 2 kann dieses Unfallszenario abgeschwächt werden, wenn der Fahrer über die mögliche Verletzung der Verkehrsregelung eine Warnung erhält. Ein Gegenmaßnahmen-system sollte dem Fahrer diese Information rechtzeitig bereitstellen, damit der Fahrer auf die nahende Kreuzung reagieren kann.

[0040] Szenario 4 unterscheidet sich dadurch, dass der Fahrer des Versuchsfahrzeugs **100** als Reaktion auf eine Lichtzeichenanlage mit roter Ampelphase anhält und dann in die Kreuzung einfährt, bevor die Ampel auf Grün umschaltet. [Fig. 8](#) veranschaulicht die Verteilung der Unfallmerkmale. In allen Fällen dieses Szenarios ist der Fahrer beim Fahren unaufmerksam und beachtet die Ampelphase nicht.

[0041] Die vorliegende Erfindung stellt ein Gegenmaßnahmen-system **1000** für Kreuzungen bereit, das vorzugsweise vier Teilsysteme aufweist; ein Gefahrenerfassungssystem **110**, ein GIS/GPS-System **112**, eine Fahrer-Fahrzeug-Schnittstelle **114** und eine Zentraleinheit (CPU) **116**. [Fig. 9](#) zeigt die Architektur des Gegenmaßnahmen-systems **1000**.

[0042] Das Gefahrenerfassungssystem **110** nutzt Millimeterwellen-Radareinheiten zur Erfassung von Daten über Fahrzeuge, die sich der Kreuzung nähern, vorzugsweise drei Radareinheiten VORAD EVT-200, die bei 24 GHz arbeiten. Die Radareinheiten wurden werkseitig abgeändert, damit sie über eine RS-232-Verbindung Daten über Entfernung und Radialgeschwindigkeit an die CPU **116** liefern. Die Radarantennen sind an motorisierten Abtastplattformen mit Zahnradantrieb angebracht, damit sie auf bestimmte Bereiche der Kreuzung gerichtet werden können, wenn sich das Fahrzeug der Kreuzung nähert. Die Steuerung stellt Daten zur Winkelstellung bereit. Die Abtastplattform ist dafür ausgelegt, dass die Antenne rechnergesteuert auf benachbarte Straßen der Kreuzung ausgerichtet werden können, der sich das Fahrzeug nähert. Vorzugsweise werden drei Abtastplattformen verwendet; zwei auf dem Fahrzeugdach zur Überwachung der nicht-parallelen und eine nach vorn gerichtete Einheit zur Überwachung der parallelen Fahrbahn. Im Gefahrenerfassungssystem **110** wird vorzugsweise gängige VORAD-Elektronik zur Verarbeitung von Daten aus den Antennen verwendet, um die sich daraus ergebenden Daten über Entfernung und Radialgeschwindigkeit der nächsten Zielobjekte innerhalb der maximalen Radarreichweite zu liefern. Ein Positionssensor nutzt die Radardaten in Verbindung mit Informationen über die Kreuzung, die von einer integrierten Karten-Datenbank bereitgestellt werden, um zu bestimmen, ob das Versuchsfahrzeug **100** die Kreuzung zur gleichen Zeit einnehmen wird wie Fahrzeuge, die sich der Kreuzung auf Querstraßen oder parallel gerichteten Fahrbahnen nähern.

[0043] Das geographische Informationssystem/Global Positioning System (GIS/GPS) **112** umfasst vorzugsweise einen GPS-Empfänger, einen Differentialkorrekturempfänger und eine integrierte GIS-Karten-Datenbank. Das System verwendet differentiell korrigierte Positionsangaben, die vom weltweiten GPS-Netz bereitgestellt werden, um das Versuchsfahrzeug **100** auf einer bestimmten Straße anzuordnen, die in der Karten-Datenbank erkannt wurde. Die Karten-Datenbank enthält Angaben über den Standort von Kreuzungen sowie von Straßen. Diese Karten-Datenbank stammt vorzugsweise von Navigation Technologies, Inc. (NavTech) und umfasst ausführliche Angaben über Straßen und Kreuzungen (einschließlich der Lenkuvorrichtungen der Kreuzungen). Das Gegenmaßnahmensystem verwendet diese Angaben zum Orten des Versuchsfahrzeugs **100** auf einer Straße und zur Ermittlung des Abstands zwischen dem Versuchsfahrzeug **100** und der kommenden Kreuzung („Abstand zur Kreuzung“). Ist der Abstand zur Kreuzung bekannt, kann die Fahrzeuggeschwindigkeit von Fahrzeugsensoren wie dem Tachomat erfasst werden und zur Berechnung der Bremskraft verwendet werden, die erforderlich ist, um nicht in die Kreuzung einzutreten.

[0044] Die Fahrer-Fahrzeug-Schnittstelle **114** überträgt an den Fahrer des Fahrzeugs Warnungen unter Verwendung mehrerer Sinnesmodalitäten zur Übertragung der Warnungen. Die Fahrer-Fahrzeug-Schnittstelle **114** umfasst ein Headup-Display (HUD), ein akustisches System und ein Bremswarnsystem. Dieses System kann auch ein rechnergesteuertes Hilfsbremssystem aktivieren, wenn die a_p -Schwelle (erforderliche Beschleunigung, um nicht in die Kreuzung einzutreten) überschritten wird. Das Bremssystem liefert mehrere Abbremsimpulse, um den Fahrer vor der Kreuzung zu warnen und darauf zu reagieren.

[0045] Die vorliegende Erfindung hilft dabei, zu verhindern, dass dem Fahrer eines ausgestatteten Fahrzeugs ein Fehler bei der Einschätzung oder Wahrnehmung unterläuft, der zu einem der vier zuvor erörterten Unfallszenarien führt. Außerdem kann die vorliegende Erfindung mit Situationen umgehen, in denen die Handlung (oder deren Fehlen), die den Unfall auslöst, vom Fahrer des anderen Fahrzeugs **102** ausgelöst wird. Die beiden wichtigsten defensiven Unfallszenarien sind Linksabbiegen über eine Fahrbahn (Szenario 1) und Verletzung der Verkehrsregelung (Szenario 3). Während sich die Dynamik des Szenarios nicht verändert, kehrt sich die Rolle um, die jedes Fahrzeug in dem Szenario spielt.

[0046] Von der hier beschriebenen Ausrüstung und den hier beschriebenen Systemen werden einem Unfallvermeidungsalgorithmus **118** Daten bereitgestellt. Der Algorithmus ist ein Befehlssatz, der die ankommenden Daten verarbeitet und an den Fahrer War-

nungen abgibt, wenn bestimmte Schwellwerte überschritten werden. [Fig. 9](#) und [Fig. 10](#) veranschaulichen den Datenaustausch zwischen den Bestandteilen des Gegenmaßnahmensystems **1000**. Ein Ampel-Fahrzeug-Kommunikationssystem (in [Fig. 10](#) nur gestrichelt dargestellt) kann ebenfalls vorhanden sein, wenn das System auf Lichtsignale von Vorrichtungen zur Verkehrslenkung reagieren soll.

[0047] Die Daten aus den Fahrzeugsystemen werden zur Verarbeitung und zum Abgeben von Warnungen empfangen. Der Algorithmus **118** überwacht a_p und t_g (Zeitabstand zu sich nähernden Fahrzeugen). Auf der Grundlage der berechneten Werte für diese Größen wird eine Warnung an den Fahrer des Fahrzeugs abgegeben, das mit dem Gegenmaßnahmensystem ausgestattet ist. [Fig. 11](#) veranschaulicht den Algorithmus für das gesamte System.

[0048] Der Algorithmus **118** verarbeitet Daten aus dem DGPS-System im Versuchsfahrzeug **100** zur Bestimmung der Fahrzeugposition. Diese Position wird mit dem Standort einer Straße auf der GIS-Karte korreliert. Wenn das Fahrzeug durch eine Systemungenauigkeit entweder im DGPS oder GIS entfernt von der Straße angeordnet wird, korrigiert eine Software den Standort des Fahrzeugs auf die nächstliegende Straße. DGPS wird aufgrund seiner höheren Genauigkeit im Vergleich zu GPS allein bevorzugt, obwohl auch GPS allein oder andere Formen der Positionsbestimmung eingesetzt werden können. Ist die Straße geortet worden, können Fahrzeugkurs und Fahrzeuggeschwindigkeit (wie von der DGPS-Ausrüstung und/oder Fahrzeugsensoren erfasst) zur Erkennung der Kreuzung verwendet werden, der sich das Fahrzeug nähert. Beim GIS wird die diskrete Kreuzungskennung zur Bestimmung der Verkehrsregelung an der Kreuzung und der Form der Kreuzung verwendet, ob mit vier Straßen, mit Einmündung rechts/links, T-Kreuzung oder andere Kreuzungsarten. Die integrierte Verarbeitungseinheit berechnet den Abstand zur Kreuzung, der von den Warnalgorithmen verwendet wird.

[0049] Die geeignete Gegenmaßnahme kann je nach der Vorrichtung zur Verkehrslenkung an einer bestimmten Kreuzung unterschiedlich ausfallen. Wenn sich das Fahrzeug einer Kreuzung mit einem Stoppschild nähert, muss das System (1) die Beachtung der Verkehrsregelung durch den Fahrer ermitteln und (2) ob der Fahrer einen ausreichenden Fahrzeugabstand aufweist, mit dem er in die Kreuzung eintritt. Ein Fahrer, der sich einer Kreuzung mit einem Stoppschild nähert, muss immer anhalten, nach einer Lücke zum Weiterfahren suchen und anschließend die Kreuzung überqueren. Das System ermittelt durch Überwachung der Größe a_p (z.B. Fahrzeuggeschwindigkeit in Bezug auf Abstand zur Kreuzung) die Beachtung des Stoppschildes durch den Fahrer und berechnet die erforderliche Bremskraft, die not-

wendig ist, zu verhindern, dass das Fahrzeug in die Kreuzung eintritt. Das System gibt eine Warnung ab, wenn der Wert für a_p 0,35 g überschreitet.

[0050] Reagiert der Fahrer auf die Kreuzung, indem er langsamer wird, um anzuhalten, tastet das Gefahrenerfassungssystem **110** des Fahrzeugs die Kreuzung ab, um das Vorhandensein von Bedrohungsfahrzeugen **102** zu bestimmen. Wenn sich das Versuchsfahrzeug **100** der Kreuzung nähert, richtet das System die Radareinheiten aus, um die Anordnung der Kreuzung (von der Karten-Datenbank im GIS bereitgestellt) zu berücksichtigen. Das Gefahrenerfassungssystem **110** überwacht die Entfernung und Radialgeschwindigkeit der Bedrohungsfahrzeuge **102**, die sich der Kreuzung nähern. Ein Positionssensor bestimmt auf der Grundlage der vorstehenden Daten (z.B. Position, Geschwindigkeit, Abstand und Beschleunigung), ob das Versuchsfahrzeug **100** und ein oder mehrere Zielfahrzeuge **102** die Kreuzung zur gleichen Zeit einnehmen werden.

[0051] Werden das Versuchsfahrzeug **100** und ein beliebiges Zielfahrzeug **102** die Kreuzung gleichzeitig einnehmen, wird eine Warnung an den Fahrer ausgelöst, obwohl die Warnung blockiert werden kann, wenn sich das Fahrzeug einer Kreuzung langsam nähert (die Logik erkennt, dass das Fahrzeug innerhalb einer sehr kurzen Strecke anhalten kann und blockiert daher die Warnung, um Fehlalarme zu verringern). Wenn der Fahrer die Kreuzung sicher überqueren kann, wird kein Alarmsignal abgegeben. Wenn andererseits der Abstand unzureichend ist und/oder wenn der Fahrer nicht langsamer wird, gibt die Fahrer-Fahrzeug-Schnittstelle ein geeignetes Alarmsignal an den Fahrer des Versuchsfahrzeugs **100** ab.

[0052] Die Verarbeitung bei dem Versuchsfahrzeug **100**, das sich einer Ampel nähert, ähnelt der bei einem Stoppschild. Durch ein Ampel-Fahrzeug-Kommunikationssystem (wenn vorhanden) wird das Versuchsfahrzeug **100** mit Angaben zur derzeitigen Ampelphase und der Zeit bis zum Umschalten der Ampel versorgt; diese Angaben würden bei jeder sich nähernden Straße von jeder Ampel zusammen mit der Angabe über die Kreuzungskennung übertragen werden, aus denen ermittelt werden kann, ob der Fahrer anhalten muss. Wenn das Versuchsfahrzeug **100** unter Beibehaltung der gegenwärtigen Geschwindigkeit und Richtung die Kreuzung in der Zeit überqueren kann, die bis zum Umschalten der Ampel verbleibt (angenommen, die Ampelphase ist Grün), dann wird keine Warnung abgegeben. Wenn die Zeit jedoch nicht ausreicht, wird an den Fahrer eine Warnung übertragen. Dies ähnelt der Berechnung von a_p bei einer Kreuzung mit Stoppschild. Während bei a_p bei Stoppschildern der Abstand zur Kreuzung verwendet wird und dann die erforderliche Bremskraft berechnet wird, wird bei der Größe für Warnungen bei Lichtzei-

chenanlagen die Zeit bis zum Umschalten der Ampel eingesetzt und auf der Grundlage der Fahrzeuggeschwindigkeit und der Strecke zum Räumen der Kreuzung berechnet, ob das Versuchsfahrzeug die Kreuzung räumen kann. Wenn der Fahrer vor Eintritt in die Kreuzung anhält, funktioniert das Gefahrenerfassungssystem ähnlich, wie es bei Stoppschildern beschrieben ist, und berechnet die Wege der sich nähernden Fahrzeuge und ermittelt die Fahrzeuge, die die Kreuzung zur gleichen Zeit wie das Versuchsfahrzeug **100** einnehmen werden. Dies geschieht auch, wenn das Fahrzeug bei grüner Ampelphase in die Kreuzung eintritt und nicht anhalten muss.

[0053] Ohne Ampel-Fahrzeug-Kommunikationssystem kann das Gegenmaßnahmen-system den Fahrer nicht vor der möglichen Verletzung der Ampel als Verkehrsleiteinrichtung warnen; stattdessen kann das System den Fahrer nur warnen, wenn er mit unzureichenden Abstand in die Kreuzung einfährt. Wenn das Gegenmaßnahmen-system die Information erhält, dass der Fahrer links abbiegen wird (z.B. durch die Aktivierung des linken Fahrtrichtungsanzeigers), dann antwortet das Gegenmaßnahmen-system **1000** darauf in Übereinstimmung mit der zuvor für Stoppschilder erörterten Art und Weise.

[0054] Sobald das Versuchsfahrzeug **100** die Kreuzung sicher überquert hat, macht das Gegenmaßnahmen-system die nächste Kreuzung ausfindig und wiederholt das Vorstehende.

[0055] In Szenario 1 ereignet sich der Unfall beim Linksabbiegen über eine Fahrbahn hauptsächlich an Ampeln, wenn die Ampel grün ist und das Versuchsfahrzeug **100** nicht anhalten muss. Es ist eine Aufgabe der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, sicherzustellen, dass der Fahrer mit einem angemessenen Abstand zu den Bedrohungsfahrzeugen **102** weiterfährt. Das Gegenmaßnahmen-system **1000** verwendet Daten aus dem DGPS und GIS-Daten zur Bereitstellung der Merkmale der Kreuzungsform. Zusätzliche Angaben zur Fahrerabsicht, die durch die Aktivierung des Fahrtrichtungsanzeigers des Fahrzeugs zur Verfügung stehen, werden vorzugsweise zur Aktivierung oder Blockierung einer bestimmten Warnlogik verwendet.

[0056] [Fig. 12](#) veranschaulicht den Zweig des Algorithmus für Szenario 1. Die Aktivierung des Fahrtrichtungsanzeigers aktiviert die Warnlogik für die nach vorn gerichtete Radareinheit. Das Radarsystem arbeitet vorzugsweise ununterbrochen und nur die Logik verhindert, dass eine Warnung abgegeben werden kann. Das Radarsystem erfasst Daten über Entfernung und Radialgeschwindigkeit der Fahrzeuge, die sich der Kreuzung parallel zum Versuchsfahrzeug **100** nähern, jedoch aus entgegengesetzter Richtung. Die Daten werden vom Gegenmaßnahmen-system **1000** verarbeitet, das vorhersagt, ob Bedrohungs-

fahrzeuge **102** die Kreuzung zur gleichen Zeit wie das Versuchsfahrzeug **100** einnehmen werden. Wenn das Gegenmaßnahmensystem **1000** bestimmt/vorhersagt, dass ein ausreichender Abstand vorhanden ist, dann wird keine Warnung an den Fahrer abgegeben und das VF 100 kann sicher links abbiegen. Wenn die Fahrzeuge andererseits die Kreuzung zur gleichen Zeit einnehmen werden und kein angemessener Abstand vorliegt, dann wird eine Warnung abgegeben. Die Warnung kann einen Ton umfassen, ein Symbol auf dem HUD und/oder (gegebenenfalls) ein Vibrieren des Bremssystems.

[0057] In Szenario 2 befinden sich Fahrzeuge auf senkrechten Fahrbahnen, ohne Verletzung der Verkehrsregelung (immer Stoppschild). Der Fahrer hält sich an die Verkehrsregelung und die Räder kommen an der Kreuzung vollständig zum Stillstand. Nachdem er in alle Verkehrsrichtungen geblickt hat, verhält sich der Fahrer falsch, tritt in die Kreuzung ein und stößt mit einem oder mehreren Zielfahrzeugen zusammen, die auf senkrechten Straßen fahren. Diese Unfälle werden hauptsächlich dadurch verursacht, dass der Fahrer die sich nähernden Zielfahrzeuge **102** nicht bemerkt oder den Abstand zu den sich nähernden Zielfahrzeugen **102** falsch einschätzt. [Fig. 13](#) veranschaulicht die geeignete Gegenmaßnahme, wobei das Gefahrenerfassungssystem **110** die Position der Bedrohungsfahrzeuge **102** auf den Querstraßen bestimmt, um bei unzureichendem Abstand eine Warnung abzugeben.

[0058] Szenario 3 unterscheidet sich dadurch von Szenario 2, dass das Versuchsfahrzeug **100** gegen die Verkehrsregelung verstößt. [Fig. 14](#) veranschaulicht die Verarbeitung des Gegenmaßnahmensystems bei diesem Szenario, das die Verletzung der Verkehrsregelung verhindern soll. Ist die Verkehrsleiteinrichtung ein Stoppschild, muss das Fahrzeug die Einhaltung der Verkehrsregelung durch den Fahrer bestimmen und anschließend bestimmen, ob der Fahrer einen ausreichenden Fahrzeugabstand hat, mit der er in die Kreuzung eintritt. Das Gegenmaßnahmensystem **1000** bestimmt die Beachtung des Stoppschildes durch den Fahrer durch Überwachung der Größe a_p , die den Betrag der Beschleunigung darstellt, der erforderlich ist, um zu verhindern, dass das Fahrzeug in die Kreuzung eintritt:

$$a_p = \frac{(T_d v + 0,36v + v^2) / d}{32,2}$$

wobei:

T_d = Zeit ab Fahrererkennung (üblich ungefähr zwei Sekunden)

v = Fahrzeuggeschwindigkeit (ft/s)

d = Abstand zur Kreuzung (ft)

[0059] Das Gegenmaßnahmensystem **1000** be-

rechnet die Bremskraft, die erforderlich ist, um zu verhindern, dass das Fahrzeug in die Kreuzung eintritt. Die Fahrer liefern Hinweise, bevor sie an der Kreuzung ankommen, beispielsweise das Betätigen der Fahrzeugbremsen. Dieses Verhalten kann durch Überwachung der Größe a_p erfasst werden. Es wird eine Warnung abgegeben, wenn der Wert von a_p 0,35 g übersteigt.

[0060] Bei einer Ampel ist die Verarbeitung ähnlich, jedoch hängt die Pflicht zum Anhalten vom Zustand der Ampel ab, der über das Ampel-Fahrzeug-Kommunikationssystem empfangen wird. Wenn das Gegenmaßnahmensystem **1000** die Information erhält, dass der Fahrer links abbiegen wird (z.B. durch die Aktivierung des linken Fahrtrichtungsanzeigers), dann kehrt das Szenario wieder zurück zu Szenario 1, in dem das Gefahrenerfassungssystem **110** auf den Abstand zum Bedrohungsfahrzeug **102** zugreift, das sich der Kreuzung aus einer parallelen, jedoch entgegengesetzten Richtung nähert. Die Bestimmung eines unangemessenen Abstands zu einem oder mehreren sich nähernden Bedrohungsfahrzeugen durch das Gegenmaßnahmensystem **1000** löst eine Warnung an den Fahrer über die Fahrer-Fahrzeug-Schnittstelle **114** aus.

[0061] Durch das Ampel-Fahrzeug-Kommunikationssystem kann das Gegenmaßnahmensystem **1000** mit Angaben zur derzeitigen Ampelphase und der Zeit bis zum Umschalten versorgt werden. Diese Angaben würden bei jeder sich nähernden Straße von jeder Ampel zusammen mit der Angabe über die Kreuzungskennung übertragen werden. Aus den Angaben zur derzeitigen Ampelphase und der Zeit bis zum Umschalten, die von der Ampel erfasst wurden, kann ermittelt werden, ob der Fahrer anhalten muss. Wenn das Fahrzeug unter Beibehaltung der gegenwärtigen Geschwindigkeit und Richtung die Kreuzung in der Zeit überqueren kann, die bis zum Umschalten der Ampel verbleibt (angenommen, die Ampelphase ist Grün), dann wird keine Warnung abgegeben. Wenn die Zeit jedoch nicht ausreicht, wird an den Fahrer eine Warnung übertragen. Dieser Vorgang kommt der Berechnung von a_p bei Kreuzungen mit Stoppschild gleich. Während bei a_p bei Stoppschildern der Abstand zur Kreuzung verwendet wird und dann die erforderliche Bremskraft berechnet wird, wird bei der Größe der Warnung bei Lichtzeichenanlagen die Zeit bis zum Umschalten der Ampel eingesetzt und auf der Grundlage der Fahrzeuggeschwindigkeit und des Abstands zum Räumen der Kreuzung berechnet, ob VF 100 die Kreuzung räumen kann. Wenn der Fahrer vor Eintritt in die Kreuzung anhält, funktioniert das Gefahrenerfassungssystem ähnlich, wie es bei Stoppschildern beschrieben ist, und berechnet die Wege der sich nähernden Fahrzeuge und ermittelt die Fahrzeuge, die die Kreuzung zur gleichen Zeit wie das Versuchsfahrzeug **100** einnehmen werden. Dies geschieht auch, wenn das

Fahrzeug bei grüner Ampelphase in die Kreuzung eintritt und nicht anhalten muss.

[0062] Wenn die Ausführungsform kein Ampel-Fahrzeug-Kommunikationssystem unterstützt, kann das Gegenmaßnahmen-system **1000** den Fahrer nur warnen, wenn das Versuchsfahrzeug **100** mit unzureichendem Abstand in die Kreuzung einfährt.

[0063] Szenario 4 ereignet sich im Allgemeinen an Kreuzungen mit Ampelregelung und Linksabbiegerspuren. Der Unfall wird durch das vorzeitige Eintreten des Fahrers eines VF in die Kreuzung verursacht, der geradeaus weiter über die Kreuzung fährt. Da er unachtsam ist, bemerkt der Fahrer nicht, dass nur der Linksabbiegerpeil aktiviert wurde. Unter der Annahme, dass es weiterfahren darf, tritt das Versuchsfahrzeug **100** in die Kreuzung ein und stößt mit einem anderen Fahrzeug zusammen. [Fig. 15](#) veranschaulicht die Verarbeitung für diesen Fall. Das Kommunikationssystem liefert dem Versuchsfahrzeug **100** Angaben über die Ampelphase und zeigt an, was der Fahrer tun muss. Bei einer roten Ampel bestimmt das Gegenmaßnahmen-system **1000**, dass der Fahrer nicht in die Kreuzung eintreten darf und gibt als Reaktion auf eine Verletzung eine Warnung ab.

B. Spezielle Teilsysteme

[0064] [Fig. 16](#) veranschaulicht eine funktionelle Architektur einer bevorzugten Ausführungsform des Gegenmaßnahmen-systems **1000** der Erfindung. Ein Radarsystem **200** (mit linken, rechten und mittleren Radareinheiten) tastet drei hauptsächliche Bedrohungsbereiche ab: Links, Mitte und Rechts. Ein Differential-Global-Positioning-System(GPS)-Empfänger **208** im GPS/GIS **112** stellt den Standort des Versuchsfahrzeugs **100** mit einer Aktualisierungsrate von etwa 10 Hz bereit. Ein Positionssensor **204**, vorzugsweise ein Kalman-Filter-Positionssensor, verfolgt jedes gültige Ziel. In einer GIS-Karte **206** wird eine Kreuzung hinsichtlich Breitengrad und Längengrad identifiziert. Ein Warnalgorithmus **118** gibt an den Fahrer des Versuchsfahrzeugs **100** Warnungen ab, wenn die vorhergesagte Zeit für das Einnehmen der Kreuzung durch das Versuchsfahrzeug **100** die gleiche vorhergesagte Zeit für das Einnehmen der Kreuzung durch ein Bedrohungsfahrzeug ist. Die verschiedenen Verarbeitungsbestandteile sind vorzugsweise in die CPU **116** integriert.

[0065] [Fig. 17](#) veranschaulicht eine senkrechte Kreuzung mit vier zweispurigen Straßen. Die Größe der Kreuzung hängt von der Fahrbahnbreite, der Anzahl der Fahrbahnen und dem Kurvenradius ab. Den Standort der Kreuzung liefert die GIS-Karte **206**, bei der die Mitte jeder Kreuzung durch Längengrad und Breitengrad **208** gekennzeichnet sind. Das in das Versuchsfahrzeug **100** integrierte GPS bestimmt die Position des Versuchsfahrzeugs **100**. Die Bedro-

hungsfahrzeuge **102** werden vom Radarsystem **200** ausfindig gemacht.

[0066] Mit Bezug auf [Fig. 18](#) ist jede Radareinheit des Radarsystems **200** auf einer rechnergesteuerten Servoplatzform **300** montiert. Jedes Radar ist vorzugsweise ein „range-on“-Doppler-Radar EATON/VORAD EVT-200. Die bevorzugten Parameter jedes Radars **200** sind: Frequenz 24,7 GHz; max. Erfassungsbereich **395** Fuß; Entfernungsauflösung 1,6 Fuß; Geschwindigkeitsauflösung 0,13 fps; horizontaler/vertikaler Winkel 4/5,5 Grad und Aktualisierungsrate 10 Hz.

[0067] Die Antenne der linken Radareinheit ist die linke Querstraße entlang gerichtet, mit einem kleinen darüber gelegten Abtastmuster in horizontaler Richtung zur Verbesserung des Erfassungswinkels. Der entstehende Abtastwinkel basiert auf einem Kontrollpunkt auf der Straße. Der Kontrollpunkt ist vorzugsweise als der Mittelpunkt auf der Querstraße festgelegt, der sich in der maximalen radialen Entfernung der Antenne befindet (vorzugsweise 390 Fuß, obwohl andere Entfernungen verwendet werden könnten, einschließlich unter dem Höchstwert des Radars). Der Kontrollpunkt wird vorzugsweise aller 100 ms erneut berechnet, nachdem das VF 100 den Antenneneinsatzbereich (vorzugsweise 300 Fuß von der Kreuzungsmitte entfernt) passiert hat. Damit verschiebt sich der Kontrollpunkt auf der Querstraße nach außen, wenn sich das VF 100 der Kreuzung nähert, sodass der Abstand zwischen dem Kontrollpunkt und dem Versuchsfahrzeug 100 im Wesentlichen gleich bleibt. Wie im Folgenden erörtert wird, wird dem Peilwinkel des Kontrollpunkts ein Winkel hinzugefügt, damit die Antenne eine hin- und herbewegende Sektorabtastung relativ zum Kontrollpunkt und vorzugsweise um den Kontrollpunkt herum durchführt.

[0068] Bei der bevorzugten Ausführungsform, bei der die Radarreichweite 390 Fuß beträgt und der Antenneneinsatzbereich 300 Fuß beträgt, wäre die Ausgangsposition des Kontrollpunkts bei einer senkrechten Querstraße ungefähr 245 Fuß von der Kreuzungsmitte entfernt.

[0069] Die Antenne der rechten Radareinheit tastet entsprechend die rechte Querstraße ab, mit einem kleinen darüber gelegten Abtastmuster in horizontaler Richtung zur Verbesserung des Erfassungswinkels.

[0070] [Fig. 19](#) veranschaulicht ein Echtzeitszenario, wenn das Versuchsfahrzeug **100** entlang einer Strecke, die digital in der GIS-Karte **206** vorliegt, auf Kreuzungen trifft. Wenn sich das Versuchsfahrzeug **100** einer Kreuzung nähert, drehen sich die beiden Seitwärtsantennen aus einer Bereitschaftsposition auf den Kontrollpunkt zu. Da der Radarwinkel vor-

zugsweise 4° beträgt, muss die Beobachtung in Richtung der Querstraßen mit einem kleinen Bereich um den dynamischen Richtwinkel herum ergänzt werden (einem Abtastwinkel). Der Abtastwinkel ist vorzugsweise kleiner als 20° und muss um den Richtwinkel herum nicht symmetrisch sein.

[0071] Das Abtastmuster wird durch die Bewegungssteuerung der Antennenplattform gesteuert. In statischen Situationen, in denen sich das Versuchsfahrzeug 100 am Rand der Kreuzung befindet (als würde es auf ein Signal warten), liegen die Richtwinkel der Antenne bei einer senkrechten Kreuzung im Bereich von 70 bis 90° . Bei Kreuzungen, bei denen sich in dem Bereich keine Straße befindet, die von einer bestimmten Radareinheit abgedeckt wird, kann diese Radareinheit in einen Bereitschafts-/inaktiven Zustand oder eine Bereitschafts-/inaktive Position versetzt werden. Der mittlere Radar 200 tastet den Bereich vor dem Versuchsfahrzeug 100 ab und ist daher lediglich eine Abtastung um einen Richtwinkel von einigen Grad erforderlich.

[0072] Die Abtastung durch den linken Radar 200 erfolgt auf der Grundlage eines Algorithmus, mit dem das Radar auf einen Kontrollpunkt auf der Querstraße gerichtet bleibt. Zu Beginn befindet sich der Kontrollpunkt ungefähr 390 Fuß vom Radar entfernt, unter einem Peilwinkel, der größer als der ursprüngliche Antennenrichtwinkel von etwa 31° weg vom Versuchsfahrzeug 100 ist und von dem aus die linken und rechten Radareinheiten um 10 bis 15° eine Vor- und Rückwärtsabtastung vornehmen. Das Verhältnis zwischen dem Kontrollpunkt und der Bewegung des Versuchsfahrzeugs 100 wird aller 100 ms aktualisiert, obwohl der Abtastwinkel jeder Radareinheit vorzugsweise nur am Ende jeder Abtastung aktualisiert wird. Am Ende der Auswärtsabtastung zeigen die linke und rechte Radareinheit vorzugsweise auf ihren entsprechenden Kontrollpunkt. Die Radareinheiten können jedoch im Verhältnis zum Kontrollpunkt auch anders angeordnet sein, solange das Verhältnis gleich bleibt.

[0073] Mit den Winkeln werden auch Veränderungen des Fahrzeugkurses berücksichtigt. Wenn beispielsweise ein Fahrer an einer Kreuzung anhält und der Fahrzeugkurs um 10° von der Richtung der Straße abweicht (z.B. sich darauf vorbereitet, rechts abzubiegen), werden die Radarabtastwinkel ausgeglichen und ist die Abtastung weiter auf den Kontrollpunkt ausgerichtet.

[0074] Die linke und rechte Radareinheit des Radarsystems 200 nehmen vorzugsweise nur dann eine aktive Abtastung vor, wenn sich das Versuchsfahrzeug 100 innerhalb von ungefähr 300 Fuß von der Kreuzung entfernt befindet und bis das VF 100 die definierte Kreuzung verlässt. Bei Entfernungen von über 300 Fuß befinden sich der linke und rechte Radar des Radarsystems 200 vorzugsweise in einer Be-

reitschaftsposition, 31° von der Mitte entfernt.

[0075] Fig. 20 veranschaulicht eine typische Abtastung durch den linken Radar des Radarsystems 200, wenn sich das Versuchsfahrzeug 100 einer senkrechten Kreuzung nähert. Die Ausgangsposition des Radars liegt bei -31° im Verhältnis zum Fahrzeugkurs (bei Blickrichtung nach vorn sind negative Winkel links und positive Winkel rechts). Wenn das Versuchsfahrzeug 100 (nach den GPS/GIS-Angaben) 300 Fuß von der Kreuzung entfernt ist, beginnt das linke Radar des Radarsystems 200 mit der aktiven Auswärtsabtastung. Bei ungefähr 421 Sekunden hält das Fahrzeug an der Kreuzung an und hält das Radar eine Abtastung über 15° aufrecht. Die Symbole auf dem Graphen in Fig. 20 bedeuten, dass das Radarsystem 200 zwischen 5 und 15 Echos von jedem Bedrohungsfahrzeug 102 empfängt, das durch den Radarstrahl fährt. Für den Positionssensor 204 ist es vorzugsweise erforderlich, dass ein Bedrohungsfahrzeug mindestens zweimal erfasst wird, damit eine Spur erzeugt werden kann, und möglicherweise häufiger, um die Beschleunigung des Bedrohungsfahrzeugs 102 genau zu bestimmen. Der Abtastbereich beträgt vorzugsweise 10° bis 15° .

[0076] Fig. 21 veranschaulicht den Vorgang der Verfolgung der Bedrohungsfahrzeuge 102, die das Radarsystem 200 erfasst hat, durch den Positionssensor 204. Durch die Erfassung des Bedrohungsfahrzeugs 102 wird ein Spur"kandidat" erzeugt. Jeder Spurkandidat kann zu einer Spur werden, der bis zu seiner Löschung erhalten bleibt. Die Bedrohungsfahrzeuge 102, die das Radarsystem 200 ausfindig gemacht hat, werden zur Aktualisierung der Spuren am Ende jedes Verarbeitungszeitraums verwendet. Unter Verwendung von Verfolgungsparametern (z.B. Position, Geschwindigkeit, Beschleunigung usw.) sagt der Positionssensor 204 auf der Grundlage vorheriger Aktualisierungen einen neuen Zustand (z.B. Position) jeder Spur oder jedes Spurkandidaten voraus und zieht eine „Grenze“ um die vorhergesagten Positionen herum. Die bevorzugte Grenze ist eine bekannte „Grenze höchster Wahrscheinlichkeit“ (siehe z.B. S. S. Blackman, Multiple Target Tracking with Radar Applications).

[0077] Gehört ein erfasstes Element nicht in den Bereich eines bestehenden Spurkandidaten oder Spur, wird ein neuer Spurkandidat gebildet. Ist ein erfasstes Element keinem Spurkandidaten zuzuordnen, wird der Spurkandidat gelöscht (typisch für einen Spurkandidat, der von einem sich nicht bewegenden Gegenstand wie einem Baum oder parkenden Fahrzeug herrührt). Ist ein Spurkandidat einem erfassten Element zuzuordnen, wird er eine Spur. Ist eine Spur über eine festgelegte Anzahl von Aktualisierungen keinem erfassten Element zuzuordnen, wird sie über eine festgelegte Anzahl von Aktualisierungen auf ihrer gegenwärtigen Bewegungsbahn er-

halten oder „auslaufen gelassen“ und wird danach gelöscht. Im Auslaufmodus wird der letzte Stand der Zustandsgrößen beibehalten. Die Spur kann weiter zugeordnet werden. Wenn eine Spur gelöscht wird, kann die vorhergesagte Zeit bis zur Kreuzung gespeichert bleiben, was eine Verlängerung der Warnung um eine festgelegte Dauer bewirkt (übliche Auswahl 0 bis 5s). Dies unterstützt das Radarsystem **200** mit begrenztem Erfassungswinkel dabei, Warnungen abzugeben, wenn das Ziel nicht länger beobachtet wird. Das Merkmal ähnelt dem Auslaufen, mit der Ausnahme, dass eine Spur nicht erhalten werden muss. Eine Spur wird gelöscht, wenn ihre Geschwindigkeit negativ ist (das Fahrzeug sich z.B. von der Kreuzung weg bewegt und keine Bedrohung ist). Eine Spur wird auch gelöscht, wenn ihre Geschwindigkeit (für ein Auto) unverhältnismäßig hoch ist oder ihre x-y-Position in Bezug auf eine Kreuzung und deren Straßen unverhältnismäßig groß ist (der Radar z.B. zufällig ein Flugzeug ausfindig macht).

[0078] Wie zuvor festgehalten wurde, ist der bevorzugte Positionssensor ein Kalman-Filter. Die für das Kalman-Filter ausgewählten Zustandsgrößen sind x-y-Position, Geschwindigkeit und Beschleunigung. Der Messvektor ist Entfernung, Radialgeschwindigkeit und Peilwinkel. Ein übliches „Nordenn-Osten“-Koordinatensystem hat seinen Mittelpunkt bei dem Versuchsfahrzeug **100**. In Draufsicht wäre Norden x, Osten y und der Peilwinkel der Richtwinkel der Antenne. Das eingesetzte Kalman-Filter ist ein „erweitertes“ Kalman-Filter, der die nichtlineare Messmatrix berücksichtigt und den Zielzustand und die Radarmessungen in Beziehung setzt. Die Eingangsdaten des Kalman-Filters sind verarbeitete Radaraktualisierungen und die Ausgabe ist eine aktualisierte Schätzung des Zielzustandsvektors. Aus diesem Zustandsvektor aus Position (Abstand zur Kreuzungsmitte), Geschwindigkeit und Beschleunigung werden die vorhergesagten Zeitpunkte für Eintritt und Verlassen der Kreuzung berechnet.

[0079] Die Warnungen des Gegenmaßnahmen-systems beruhen auf der Vorhersage, dass das Versuchsfahrzeug **100** und das Bedrohungsfahrzeug **102** beide die Kreuzung zur gleichen Zeit einnehmen werden, wofür von der Fahrer-Fahrzeug-Schnittstelle **114** eine Warnung für den Fahrer des Versuchsfahrzeugs **100** abgegeben wird. Warnungen werden für jedes Ergebnis des Radars berechnet und aktualisiert, ungefähr aller 100 ms. Die Fahrer-Fahrzeug-Schnittstelle **114** wird aktiviert, wenn auf der Grundlage der Ergebnisse von einer der drei Radareinheiten des Radarsystems **200** eine Warnung vorliegt. In Abhängigkeit vom jeweiligen Radar, das ein nahendes interessierendes Bedrohungsfahrzeug **102** erfasst, können sich die Warnungen unterscheiden, um den Fahrer bei der Bestimmung der Richtung der möglichen Gefahr zu unterstützen.

[0080] Die Zeiten des Eintritts und Verlassens der Kreuzung für das Versuchsfahrzeug **100** werden aus der gegenwärtigen Position und Geschwindigkeit des Versuchsfahrzeugs **100** berechnet. Für das Vorhaben des Fahrers werden eine Nenngeschwindigkeit und Nennbeschleunigung angenommen. Ist das Fahrzeug langsamer als die Nenngeschwindigkeit, wird angenommen, dass es mit der Nennbeschleunigung beschleunigt, bis es die Nenngeschwindigkeit erreicht. Wenn das Fahrzeug hingegen schneller als die Nenngeschwindigkeit ist, wird angenommen, dass das Fahrzeug die Fahrt mit der Nennbeschleunigung verlangsamt, bis es die Nenngeschwindigkeit erreicht. Dieses Geschwindigkeits-/Beschleunigungsprofil wird ohne weiteres für das Versuchsfahrzeug **100** vereinfacht, das an einer Kreuzung hält und auf das Einfahren wartet. Der Fahrer würde mäßig, jedoch nicht unbegrenzt, beschleunigen und die Geschwindigkeit auf eine mäßige Geschwindigkeit begrenzen. Wenn das Versuchsfahrzeug **100** eine Kreuzung ohne anzuhalten überquert, wird angenommen, dass der Fahrer die Kreuzung mit mäßiger Geschwindigkeit überqueren würde und beschleunigen oder die Fahrt verlangsamen würde, um diese Geschwindigkeit zu erreichen. Es können jedoch soweit erforderlich auch andere Annahmen oder Algorithmen verwendet werden.

[0081] Für das Bedrohungsfahrzeug **102** werden Position, Geschwindigkeit und Beschleunigung aus dem Positionssensor **204** zur Berechnung der Zeit bis zur und aus der Kreuzung heraus verwendet. Zur Bestimmung der Zeiten wird eine einfache Gleichung für eine eindimensionale Bewegung bei gleich bleibender Beschleunigung gelöst.

[0082] Der Zustand des Gegenmaßnahmen-systems **1000** wird durch die Entfernung zur Kreuzung, die Kreuzungsart und den Zustand der Fahrtrichtungsanzeiger des Versuchsfahrzeugs **100** bestimmt. Die Entfernung zur Kreuzung wird aller 100 ms aktualisiert und auf der Grundlage der gegenwärtigen Position des Versuchsfahrzeugs **100** und des Standorts der Kreuzung berechnet. Die Position des Versuchsfahrzeugs **100**, der Standort der Kreuzung und die Art der Kreuzung, der sich das Versuchsfahrzeug **100** nähert, werden vom GIS/GPS-System **112** bestimmt.

[0083] Das Gegenmaßnahmen-system **1000** ist vorzugsweise inaktiv, bis das Versuchsfahrzeug **100** sich innerhalb von 500 Fuß von der Kreuzung entfernt befindet. Bei dieser Entfernung wird das Gegenmaßnahmen-system **1000** tätig, jedoch sind die Warnungen blockiert; dadurch hat der Positionssensor **240** Zeit zur Initialisierung, während der alle Warnungen ungültig wären, da sich die Kreuzung noch außerhalb der Reichweite des Radars befindet. Bei **350** Fuß Abstand von der Kreuzung werden die Warnungen aktiviert, bis das Versuchsfahrzeug **100** die Kreuzung überquert hat.

[0084] Die Kreuzungsart bestimmt, welches Radar aktiv ist und daher Warnungen erzeugen kann. Beispielsweise gibt es bei einer „T“-Kreuzung keine Straße vor dem Versuchsfahrzeug, sodass die mittleren Bestandteile des Gegenmaßnahmen-systems abgeschaltet werden können. Entsprechend können die linken beziehungsweise rechten Radarelemente des Gegenmaßnahmen-systems an einer Kreuzung mit Einmündung rechts beziehungsweise einer Kreuzung mit Einmündung links abgeschaltet werden. Bei einer Viererkreuzung (4 Straßen) sind alle Radarelemente des Gegenmaßnahmen-systems betriebsbereit.

[0085] Die Fahrtrichtungsanzeiger des Versuchsfahrzeugs **100** werden zur Bestimmung des beabsichtigten Wegs des Versuchsfahrzeugs **100** über die Kreuzung überwacht. Der Weg über die Kreuzung bestimmt die Strecke, die das Versuchsfahrzeug **100** zurücklegen muss, um die Kreuzung zu räumen und bestimmt daher die Dauer, während der das Versuchsfahrzeug **100** die Kreuzung einnimmt (z.B. ist die Strecke beim Rechtsabbiegen am kürzesten und ist die Strecke beim Linksabbiegen am längsten). Die Fahrtrichtungsanzeiger haben außerdem weitere Auswirkungen auf die Warnungen.

[0086] Bei bestimmten Kombinationen aus Kreuzungsart und beabsichtigtem Weg kann es sein, dass das Bedrohungsfahrzeug **102** keine Bedrohung darstellt, auch wenn ansonsten Überschneidungsbedingungen vorliegen. Diese Logik beruht auf den Fahrtrichtungsanzeigern des Versuchsfahrzeugs **100**, der Kreuzungsart und der beabsichtigten Handlung des Bedrohungsfahrzeugs **102**, wie sie sich durch das Verlangsamen des Bedrohungsfahrzeugs **102** zeigt. **Fig. 22** veranschaulicht die verschiedenen möglichen Situationen. Als nicht einschränkende Beispiele:

- Linkes Radar **200** (beobachtet Verkehr auf linker Querstraße)
 - Kreuzung mit vier Straßen: Das Versuchsfahrzeug **100**:
 - biegt links ab, biegt nicht ab, biegt rechts ab: Keine Warnung, wenn das Bedrohungsfahrzeug **102** mehr als in einem vorbestimmten Maß die Fahrt verlangsamt, vorzugsweise unter 3 ft/s^2 . Dies deutet darauf hin, dass das Bedrohungsfahrzeug **102** langsamer wird, um rechts abzubiegen, oder dass es anhält und keine Bedrohung ist.
 - Kreuzung mit Einmündung links: Das Versuchsfahrzeug **100**:
 - biegt links ab, biegt nicht ab: Keine Warnung, wenn das Bedrohungsfahrzeug **102** die Fahrt verlangsamt, ansonsten Warnung.
 - T-Kreuzung: Das Versuchsfahrzeug **100**:
 - biegt links ab, biegt rechts ab: Keine Warnung, wenn das Bedrohungsfahrzeug **102** die Fahrt verlangsamt.
 - Mittleres Radar **200** (beobachtet nahenden Ver-

kehr auf benachbarter Fahrbahn/benachbarten Fahrbahnen)

– Kreuzung mit vier Straßen: Das Versuchsfahrzeug **100**:

• biegt links ab:

Keine Warnung, wenn das Bedrohungsfahrzeug **102** die Fahrt verlangsamt. Dies deutet darauf hin, dass das Bedrohungsfahrzeug **102** links abbiegen wird und keine Bedrohung ist. Ansonsten Warnung.

• biegt rechts ab:

Keine Warnung, wenn das Bedrohungsfahrzeug **102** die Fahrt nicht verlangsamt. Dies deutet darauf hin, dass das Bedrohungsfahrzeug **102** nicht links abbiegen wird und keine Bedrohung ist. Wenn das Bedrohungsfahrzeug **102** die Fahrt verlangsamt, deutet dies auf einen Abbiegevorgang hin und es kommt zur Warnung. Biegt das Bedrohungsfahrzeug **102** links ab, ist die Warnung richtig. Biegt es rechts ab, ist das Ziel keine Bedrohung und die Warnung falsch. Der Fehlalarm führt jedoch nicht zu einem Unfall.

• biegt nicht ab:

Keine Warnung, wenn das Bedrohungsfahrzeug **102** die Fahrt nicht verlangsamt. Dies deutet darauf hin, dass es nicht abbiegen wird und keine Bedrohung ist.

– Kreuzung mit Einmündung links: Das Versuchsfahrzeug **100**:

• biegt links ab:

Keine Warnung, wenn das Bedrohungsfahrzeug **102** die Fahrt verlangsamt. Dies deutet darauf hin, dass es rechts abbiegen wird oder anhält und keine Bedrohung ist.

• biegt nicht ab:

Die Warnungen sind ausgeschaltet, da das Bedrohungsfahrzeug **102** keine Bedrohung ist.

– Kreuzung mit Einmündung rechts: Das Versuchsfahrzeug **100**:

• biegt nicht ab:

Warnung, wenn das Bedrohungsfahrzeug die Fahrt verlangsamt, da dies darauf hinweist, dass es möglicherweise nach links über die Fahrbahn abbiegt.

• biegt rechts ab:

Keine Warnung.

• Rechtes Radar (beobachtet Verkehr auf rechter Querstraße)

– Kreuzung mit vier Straßen und Kreuzung mit Einmündung rechts: Das Versuchsfahrzeug **100**:

• biegt nicht ab:

Keine Warnung, wenn das Bedrohungsfahrzeug **102** die Fahrt verlangsamt. Dies deutet darauf hin, dass das Bedrohungsfahrzeug **102** wahrscheinlich rechts abbiegen wird und keine Bedrohung ist.

• biegt rechts ab:

Die Warnungen sind ausgeschaltet, da Bedrohungen von der rechten Straße aus nicht wahrscheinlich sind, wenn das Versuchsfahrzeug **100** nach

rechts abbiegt oder anhält.

– T-Kreuzung: Das Versuchsfahrzeug **100**:

- biegt rechts ab:

Die Warnungen sind ausgeschaltet, da Bedrohungen von der rechten Straße aus nicht wahrscheinlich sind, wenn das Versuchsfahrzeug **100** nach rechts abbiegt.

- biegt links ab:

Keine Warnung, wenn das Bedrohungsfahrzeug **102** die Fahrt verlangsamt.

[0087] Soweit der vorstehende Algorithmus auf der Verlangsamung der Fahrt beruht, kann auch ein minimaler Schwellwert für die Verlangsamung der Fahrt verwendet werden (dieser kann null sein).

[0088] Weitere Fehlalarme können durch die relative Position des Versuchsfahrzeugs **100** und des Bedrohungsfahrzeugs **102** entstehen. Als nicht einschränkendes Beispiel würde eine Warnung abgegeben werden, wenn das Versuchsfahrzeug **100** gerade die Kreuzung verlässt, während das Bedrohungsfahrzeug **102** gerade in die Kreuzung eintritt. Um derartige Fehlalarme zu vermeiden, kann der verwendete Überschneidungsbereich kleiner als die gesamte Kreuzung sein. Wahlweise kann die Überschneidung für verschiedene Bereiche getestet werden; z.B. wird die Überschneidung für die gesamte Kreuzung überprüft, dann wieder für 90 Prozent der Kreuzung. Es können auch andere Ausschlussalgorithmen verwendet werden.

[0089] Ein Fehlalarm kann auch ausgehend von einer geringen Geschwindigkeit des Versuchsfahrzeugs **100** in Verbindung mit der Betätigung der Bremsen vermieden werden. Mit Bezug auf [Fig. 23](#) erkennt das System eine „nah und langsam“-Grenze, wobei sich das Versuchsfahrzeug **100** während dieser Zeit auf die Kreuzung zu bewegt, wenn auch langsam und mit Betätigung der Bremse. Selbst diese langsame Bewegung des Versuchsfahrzeugs führt zu einer vorhergesagten Überschneidung mit dem Gegenverkehr. Die Warnung kann daher blockiert werden, wenn sich das Versuchsfahrzeug innerhalb eines bestimmten Abstands von der Kreuzung (z.B. 50 Fuß) befindet, sich langsam bewegt (z.B. 5 Fuß/s) und der Fahrer die Bremsen betätigt.

[0090] Das GIS/GPS-System **112** der vorliegenden Erfindung hat mehrere Funktionen. Beispielsweise kann das System bestimmen, ob das Versuchsfahrzeug **100** auf die Kreuzung reagiert, der es sich nähert, und Warnungen vor der möglichen Verletzung der Verkehrsregelung bereitstellen. Die GIS-Karten-Datenbank **206** liefert Daten über jede Kreuzung, beispielsweise die Art der Kreuzung und der Verkehrsregelung an der Kreuzung. Diese Angaben werden an das Gefahrenerfassungssystem **110** geleitet und das System kann damit den Abtastbereich jedes Radars des Radarsystems **200** anpassen, um nicht

senkrechte Kreuzungen zu berücksichtigen. Während des Betriebs wird die Position des Fahrzeugs, die aus dem GPS abgeleitet wird, zur Durchsuchung der Karten-Datenbank **206** und zur Ortung der Straße verwendet, auf der das Versuchsfahrzeug **100** zur Zeit fährt. Die Datenbank **206** wird anschließend zur Bestimmung der nächsten Kreuzung verwendet, der sich das Versuchsfahrzeug **100** nähert. Die Kreuzungsmerkmale werden verwendet, um zu bestimmen, ob es möglich ist, dass der Fahrer die Kreuzung nicht beachtet (falls eine Vorrichtung zur Verkehrslenkung vorhanden ist), und das Gefahrenerfassungssystem **110** verwendet sie zur Ausrichtung des Radarsystems **200**. Die Position des Versuchsfahrzeugs **100** wird alle 100 ms aktualisiert. Die Kreuzungsdaten werden aktualisiert, wenn eine neue Kreuzung erkannt wurde.

[0091] Zur Bereitstellung von Breitengrad, Längengrad, Kurs und Geschwindigkeit des Fahrzeugs unter Verwendung von GPS und Koppelnavigation kann auch ein Continuous Positioning System (CPS) von KVH verwendet werden. Das CPS verwendet ein Kalman-Filter-Programm zum Verbinden von Daten aus dem GPS, einem faseroptischen Kreisel und dem Geschwindigkeitssensor des Fahrzeugs zur Erzeugung einer kontinuierlichen Positionsinformation unabhängig vom Ausfall des GPS oder von Mehrwegeeffekten. Durch die Koppelnavigation wird die Genauigkeit und Verfügbarkeit des GPS selbst bei geringen Geschwindigkeiten oder im stehenden Zustand durch Bereitstellung genauer Standort-, Geschwindigkeits-, Richtungs- und Kursdaten verbessert. Es kann zusätzlich ein Differential-GPS(DGPS)-Beacon-Empfänger verwendet werden, um die Positionsgenauigkeit weiter zu erhöhen.

[0092] Die GIS-Karten-Datenbank **206** zerlegt Straßen in einzelne Abschnitte, die Knotenpunkte und Linienabschnitte umfassen. Diesen Knotenpunkte und Abschnitten sind unterschiedliche Eigenschaften oder Merkmale zugeordnet. Übliche Eigenschaften dieser Abschnitte sind Position, Länge, Kennung und angrenzende Straßenabschnitte. [Fig. 24](#) veranschaulicht, wie die Karten-Datenbank **206** eine Kreuzung darstellt. Damit können Kreuzungen ohne weiteres von anderen Straßen unterschieden werden. Befindet sich das Fahrzeug auf einem bestimmten Straßenabschnitt, werden Daten über den Fahrzeugkurs zur Ermittlung des Knotenpunkts verwendet, dem es sich nähert. Ein Zuordnungsalgorithmus in der Software bestimmt, ob der Knotenpunkt eine Kreuzung ist. Die Datenbank wird unter Verwendung einer Bibliothek von Softwarefunktionsaufrufen durchsucht, mit denen auf wirtschaftliche Weise die nächstliegende Straße einem bestimmten Breitengrad und Längengrad zugeordnet werden kann. Um Fehler auszuschalten, können zur Verfolgung entlang einer Straße Hinzufügelalgorithmen verwendet werden. Beispielsweise kann, wenn das Fahr-

zeug über eine Kreuzung fährt, die der GPS-Position am nächsten liegende Straße die kreuzende Straße und nicht die gegenwärtige Straße sein, auf der sich das Fahrzeug befindet. In diesem Fall sucht die Software nach einer Kursänderung, die auf einen Abbiegevorgang hinweist, bevor sie die Spur auf die kreuzende Straße verschiebt.

[0093] Ein Laptop, der im Versuchsfahrzeug **100** aufgestellt ist, ist über ein RS-232-Kabel mit der CPU **116** verbunden. Zwischen den beiden Rechnern werden zum Datenaustausch Mitteilungen hin- und hergesendet. Die Datenelemente für die Mitteilungen an das GIS/GPS-System **112** umfassen vorzugsweise: Zeitmarkierung; GPS-Zeit; Breitengrad, Längengrad, Geschwindigkeit und tatsächlicher Kurs des Versuchsfahrzeugs **100**. Diese Daten werden alle 100 ms empfangen. Vorzugsweise ist das CPS mit der CPU **116** über ein RS-232-Kabel anstatt unmittelbar mit dem GIS/GPS-System **112** verbunden, um eine Zeitverzögerung zu vermeiden.

[0094] Wird eine Mitteilung empfangen, werden die Daten zur Abfrage der Karten-Datenbank verwendet, um die Kreuzung zu identifizieren, der sich das Fahrzeug nähert. Ist das Fahrzeug über eine Kreuzung gefahren und wurde eine neue Kreuzung erkannt, wird eine Mitteilung an die CPU **116** gesendet, die der Gefahrenerfassungssoftware die Merkmale der neuen Kreuzung liefert. Die CPU **116** sendet in regelmäßigen Abständen eine Mitteilung an das GIS/GPS-System **112** und ruft die aktuelle nahende Kreuzung ab. Dadurch ist sichergestellt, dass das Gefahrenerfassungssystem **110** immer über die richtigen Kreuzungsinformationen verfügt. Das GIS/GPS-System **112** sieht auch eine Anwenderschnittstelle zur CPU **116** vor, da dieses System vorzugsweise nicht über ein Anzeigegerät oder Tastatur für Eingaben verfügt. Diese Schnittstelle wird während Tests zur Kontrolle der Datenerfassung für die Verarbeitung nach den Tests, die Veränderung der Positionsensor- oder Warnalgorithmusparameter und zur Anzeige von Fehlermeldungen verwendet.

[0095] Bei dem System wird die Fahrzeuggeschwindigkeit zur Berechnung der Zeit des Versuchsfahrzeugs **100** zur Kreuzung und zusammen mit der durch das Radar ermittelten Radialgeschwindigkeit zur Berechnung der Geschwindigkeit des Bedrohungsfahrzeugs **102** in der Software des Positionssensors verwendet. Das CPS misst die Geschwindigkeit des Versuchsfahrzeugs **100** unter Verwendung des Geschwindigkeitssensors des Fahrzeugs, obwohl verschiedene Verfahren der Geschwindigkeitsmessung verwendet werden können. Um jegliche Verzögerung bei der Erfassung der Messung zu berücksichtigen, kann zur Minimierung oder zum Ausgleich jeglicher Fehler durch diese Verzögerung ein Lead-Filter verwendet werden.

[0096] Zur Abgabe der Warnungen an den Fahrer (1) optisch über ein HUD, (2) akustisch unter Verwendung eines gepulsten Tons und/oder (3) durch Vibrieren der Bremsen wird eine multimodale Fahrer-Fahrzeug-Schnittstelle empfohlen. Eine einzelne Modalität erfüllt nicht alle Auslegungskriterien. Beispielsweise können mit optischen Warnungen über ein HUD ausführlichere Angaben dargestellt werden, jedoch muss die Aufmerksamkeit des Fahrers nach vorn gerichtet sein, damit er die Warnung wahrnimmt. Von akustischen Warnungen, obwohl sie weit verbreitet und nicht richtungsspezifisch sind, sind hörbeeinträchtigte Fahrer ausgenommen und sie können durch Umgebungsgeräusche überdeckt sein (obwohl die Anordnung des linken, rechten und mittleren Lautsprechers dazu verwendet werden könnte, einem Fahrer eine Vorstellung der Richtung der möglichen Gefahr zu vermitteln). Warnungen über die Bremse können, obwohl sie die meisten Kriterien erfüllen, keine ausführlichen Informationen mitteilen.

[0097] Im Bremssystem werden nachträglich montierbare Bremsmittel verwendet, die für den Autorennsport bestimmt sind. Diese Bremsmittel werden an allen vier Rädern angebracht. Das Bremssystem kann so zugeschnitten sein, dass es das Fahrzeug ohne Zutun des Fahrers verlangsamt. Rechnergesteuert öffnet und schließt das System Magnetventile. Diese Ventile kontrollieren den Zufluss der Hydraulikflüssigkeit zu den Bremsmitteln der Hilfsbremsen. Stärke und Art der Abbremsung werden vom Gegenmaßnahmenystem **1000** gesteuert. Bei dem System ist eine gleich bleibende Verlangsamung oder eine impulsartige Verlangsamung mit unterschiedlicher Stärke und Dauer möglich. Das System ist mit einem fehlertoleranten SYSTEM-AUS-Betrieb versehen. Das heißt, dass die Hilfsbremsen funktionsuntüchtig sind, wenn es zum Systemausfall kommt.

[0098] Es ist festzuhalten, dass ein System zum Verhindern, dass ein Fahrzeug unter Verletzung einer Vorrichtung zur Verkehrslenkung in eine Kreuzung eintritt, in der US-Patentschrift 6,516,273 offenbart ist.

[0099] Es ist ferner festzuhalten, dass die hier offenbarten Elemente zur Vermeidung von Unfällen auf Kreuzungen auch ohne Elemente verwendet werden können, die auf die Einhaltung von Vorrichtungen zur Verkehrslenkung abzielen.

[0100] Verschiedene Abweichungen von oder Abänderungen der bevorzugten vorstehenden Ausführungsform fallen in den Schutzzumfang der vorliegenden Erfindung, wie sie in den zugehörigen Ansprüchen definiert ist.

[0101] Bei der vorliegenden Erfindung können verschiedene bekannte Bestandteile verwendet werden.

Als nicht einschränkendes Beispiel ist das Steuergerät für die Radarantennen vorzugsweise ACR2000, Art.nr. PM08117, Version 1.04 von ACROLOOP MOTION CONTROL SYSTEMS, INC.; der GPS-Empfänger ist vorzugsweise das Continuous Positioning System von KVH; der Differential-GPS-Empfänger ist vorzugsweise der DGPS-Beacon-Empfänger, Typ ABX-3, von COMMUNICATIONS SYSTEMS INTERNATIONAL und die GPS/DGPS-Antenna ist vorzugsweise die GPS/DGPS-Antenne, Typ MBL-3, von COMMUNICATIONS SYSTEMS INTERNATIONAL.

[0102] Als nicht einschränkendes Beispiel kann jede Anzahl von Einheiten, einschließlich einer einzigen Einheit verwendet werden, obwohl drei Radareinheiten bevorzugt sind. Es könnten ebenfalls weitere Arten von Ortungsgeräten verwendet werden, beispielsweise Laser. Die Position der Einheiten (im maßgeblichen Umfang) ist nur auf die Bereiche beschränkt, in denen sie wirksam die Bewegung des sich nähernden Verkehrs erfassen können. Wenn die Erfassung auf anderen Verfahren als der Sichtlinie beruhen würde (z.B. jedes Fahrzeug seine GPS-Koordinaten an andere Fahrzeuge in der Umgebung übertragen würde), könnte das Ortungsgerät an beliebiger Stelle im Versuchsfahrzeug oder an einem entfernten Standort montiert werden, von dem aus Warnungsdaten an das Versuchsfahrzeug gesendet werden würden.

[0103] Ebenso können verschiedene Bestandteile oder Vorgänge des Gegenmaßnahmensystems **1000** innerhalb von oder zwischen den verschiedenen Teilsystemen ohne Einfluss auf den Schutzzumfang der Erfindung und den Erfindungsgedanken verschoben werden.

[0104] Bei der bevorzugten Ausführungsform wird der Abtastwinkel der linken und rechten Radareinheit vorzugsweise am Ende jeder Abtastung aktualisiert. Die Erfindung ist jedoch nicht darauf beschränkt, da der Abtastwinkel auch mitten in der Abtastung aktualisiert werden kann.

[0105] Die unterschiedlichen Positionen der Kontrollpunkte und weitere technische Merkmale der hier bevorzugten Ausführungsformen sind kennzeichnend für Länder wie den Vereinigten Staaten von Amerika, in denen Fahrzeuge auf der rechten Seite fahren. Es fällt eindeutig in den Schutzzumfang und Erfindungsgedanken der vorliegenden Erfindung, ebenso das Fahren in Ländern anzusprechen, in denen die Fahrzeuge auf der linken Straßenseite fahren, wobei diese Abänderungen auf der Grundlage der Lehren hiervon eindeutig in den Bereich des Fachgebiets fallen.

[0106] Es ist festzuhalten, dass die vorhergehenden Beispiele lediglich zur Erklärung dienen und in keiner Weise als die vorliegende Erfindung beschränkend

auszulegen sind. Auch wenn die vorliegende Erfindung unter Bezug auf bestimmte Ausführungsformen beschrieben wurde, versteht es sich, dass der hier verwendete Text, ein beschreibender und veranschaulichender Text und kein einschränkender Text ist. Es können im Umfang der zugehörigen Ansprüche, wie sie derzeit dargelegt sind und abgeändert werden, Änderungen vorgenommen werden, ohne vom Schutzzumfang und Erfindungsgedanken der vorliegenden Erfindung in ihren Gesichtspunkten abzuweichen. Auch wenn die vorliegende Erfindung hier unter Bezug auf bestimmte Mittel, Materialien und Ausführungsformen beschrieben wurde, soll die vorliegende Erfindung nicht auf die Angaben beschränkt sein, die hier offenbart sind; vielmehr erstreckt sich die vorliegende Erfindung auf alle funktionell entsprechenden Strukturen, Verfahren und Verwendungen, so wie sie in den Schutzzumfang der zugehörigen Ansprüche fallen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Vermeidung von Unfällen eines Versuchsfahrzeugs (**100**), umfassend:
Abtasten mindestens einer Fahrbahn, die auf eine Kreuzung führt,
Erfassen des Vorhandenseins eines Bedrohungsfahrzeugs (**102**) auf der mindestens einen Fahrbahn;
und Abgeben einer Warnung,
gekennzeichnet durch die Vorhersage, ob das Versuchsfahrzeug (**100**) und das Bedrohungsfahrzeug (**102**) die Kreuzung zur gleichen Zeit einnehmen werden;
und dadurch, dass die Warnung als Reaktion auf die Vorhersage abgegeben wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Abtasten von dem Versuchsfahrzeug (**100**) aus stattfindet.

3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Erfassen weiter umfasst:
Identifizieren eines Gegenstands, der durch das Abtasten ausfindig gemacht wird;
Nichtberücksichtigen des Gegenstands als Bedrohungsfahrzeug (**102**), falls er entweder unbeweglich ist oder sich von der Kreuzung weg bewegt.

4. Verfahren nach Anspruch 1, weiter umfassend das Blockieren des Abgebens, wenn die vorherrschenden Bedingungen eine geringe Wahrscheinlichkeit eines Unfalls auf der Kreuzung anzeigen, wobei die vorherrschenden Bedingungen mindestens eine der folgenden umfassen, eine Fahrtrichtung des Versuchsfahrzeugs (**100**), eine Fahrtrichtung des Bedrohungsfahrzeugs (**102**), das Aktivieren eines bestimmten Fahrtrichtungsanzeigers bei dem Versuchsfahrzeug (**100**), die Geschwindigkeit des Versuchsfahrzeugs (**100**), die Geschwindigkeit des Bedrohungsfahrzeugs und die Beschleunigung des Bedrohungsfahrzeugs.

5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei das Blockieren eine Reaktion darauf ist, dass sich das Bedrohungsfahrzeug (**102**) der Kreuzung von der linken Seite des Versuchsfahrzeugs (**100**) aus nähert und das Bedrohungsfahrzeug (**102**) mehr als in einem vorbestimmten Maß die Fahrt verlangsamt.

6. Verfahren nach Anspruch 4, wobei das Blockieren eine Reaktion darauf ist, dass:
das Bedrohungsfahrzeug (**102**) sich der Kreuzung von vorn des Versuchsfahrzeugs (**100**) nähert, und auf eine der folgenden Bedingungen:
das Versuchsfahrzeug (**100**) den linken Fahrtrichtungsanzeiger aktiviert hat und das Bedrohungsfahrzeug (**102**) mehr als in einem vorbestimmten Maß die Fahrt verlangsamt;
das Versuchsfahrzeug (**100**) den rechten Fahrtrichtungsanzeiger aktiviert hat und das Bedrohungsfahrzeug (**102**) nicht mehr als in einem vorbestimmten Maß die Fahrt verlangsamt;
das Versuchsfahrzeug (**100**) keinen Fahrtrichtungsanzeiger aktiviert hat und das Bedrohungsfahrzeug (**102**) nicht mehr als in einem vorbestimmten Maß die Fahrt verlangsamt; und
das Versuchsfahrzeug (**100**) den rechten Fahrtrichtungsanzeiger aktiviert hat und keine linke Fahrbahn vorhanden ist, die von der Kreuzung aus verläuft.

7. Vorrichtung nach Anspruch 4, wobei das Blockieren eine Reaktion darauf ist, dass:
das Bedrohungsfahrzeug (**102**) sich der Kreuzung von der rechten Seite des Versuchsfahrzeugs (**100**) aus nähert, und auf eine der folgenden Bedingungen:
das Versuchsfahrzeug (**100**) hat den linken Fahrtrichtungsanzeiger aktiviert und das Bedrohungsfahrzeug (**102**) verlangsamt mehr als in einem vorbestimmten Maß die Fahrt;
das Versuchsfahrzeug (**100**) hat den rechten Fahrtrichtungsanzeiger aktiviert; und
das Versuchsfahrzeug (**100**) hat keinen Fahrtrichtungsanzeiger aktiviert und das Bedrohungsfahrzeug (**102**) verlangsamt mehr als in einem vorbestimmten Maß die Fahrt.

8. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei der Schritt des Abtastens weiter umfasst:
das getrennte Abtasten des linken, rechten und vorderen Bereichs des Versuchsfahrzeugs (**100**), wobei das Abtasten eine Reaktion darauf ist, dass das Versuchsfahrzeug (**100**) in einen vorbestimmten Abstand einer Kreuzung eintritt.

9. Verfahren nach Anspruch 8, weiter umfassend:
Speichern einer Karten-Datenbank;
Erhalten von Koordinatendaten, die eine Position des Versuchsfahrzeugs (**100**) wiedergeben;
wobei das getrennte Abtasten eine Reaktion darauf ist, dass eine Position des Versuchsfahrzeugs (**100**) von den Koordinatendaten sich innerhalb eines vorbestimmten Abstands von einer Kreuzung in der Kar-

ten-Datenbank befindet.

10. Verfahren nach Anspruch 8, weiter umfassend:
Speichern einer Karten-Datenbank, wobei die Karte die Kreuzung umfasst;
Blockieren des linken, rechten und mittleren Abtastens als Reaktion darauf, dass die Karten-Datenbank ein Nichtvorhandensein von Fahrbahnen anzeigt, die in den linken, rechten beziehungsweise mittleren Bereich eintreten.

11. Verfahren nach Anspruch 8, wobei das Radargerät den linken und rechten Bereich getrennt abtastet, jeweils weiter umfassend:
Hin- und Herbewegen einer Radarantenne in einem vorbestimmten Winkel im Verhältnis zu einem Kontrollpunkt; und
Bewegen des Kontrollpunkts weg von der Kreuzung, wenn das Versuchsfahrzeug (**100**) sich der Kreuzung nähert.

12. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Schritt des Abtastens weiter das Abtasten eines Bereichs um die Kreuzung herum umfasst; der Schritt des Erfassens weiter das Identifizieren sämtlicher Bedrohungsfahrzeuge (**102**) in diesem Bereich umfasst, wobei der Schritt des Vorhersagens weiter umfasst:
Speichern einer Karte in einer Datenbank, wobei die Karte mindestens eine Kreuzung mit einer Vorrichtung zur Verkehrslenkung umfasst;
Erhalten von Koordinatendaten, die eine Position des Versuchsfahrzeugs (**100**) wiedergeben;
Bestimmen, ob das Versuchsfahrzeug (**100**) in eine der mindestens einen Kreuzungen unter Verletzung einer zugehörigen Vorrichtung zur Verkehrslenkung eintritt;
Abgeben einer Warnung an einen Fahrer des Versuchsfahrzeugs (**100**) als Reaktion auf eine Bestimmung, dass das Versuchsfahrzeug (**100**) in eine der mindestens einen Kreuzungen unter Verletzung einer zugehörigen Vorrichtung zur Verkehrslenkung eintritt; und das Verfahren weiter umfasst:
Bestimmen, ob die vorherrschenden Bedingungen eine geringe Wahrscheinlichkeit eines Unfalls an der Kreuzung anzeigen; und
Blockieren des Abgebens einer Warnung an einen Fahrer des Versuchsfahrzeugs (**100**) in Reaktion auf eine Vorhersage, wenn die vorherrschenden Bedingungen eine geringe Wahrscheinlichkeit eines Unfalls auf der Kreuzung anzeigen.

13. Vorrichtung zur Vermeidung von Unfällen (**1000**) zum Vermeiden von Unfällen eines Versuchsfahrzeugs (**100**), umfassend:
mindestens eine Radareinheit (**200**), so ausgelegt, dass sie mindestens eine Fahrbahn abtastet, die auf eine Kreuzung führt;
eine Einheit zum Verarbeiten (**118**), so angepasst, dass sie Daten verarbeitet, die von der mindestens

einen Radareinheit (200) erhalten werden, um das Vorhandensein eines Bedrohungsfahrzeugs (102) auf der mindestens einen Fahrbahn zu erfassen; und eine Schnittstelle (114), die so angepasst ist, dass sie eine Warnung abgibt, dadurch gekennzeichnet, dass die Einheit zum Verarbeiten (116) weiter so angepasst ist, dass sie vorhersagt, ob das Versuchsfahrzeug (100) und das Bedrohungsfahrzeug (102) die Kreuzung zur gleichen Zeit einnehmen werden, und dadurch, dass die Schnittstelle (114) die Warnung als Reaktion auf die Vorhersage abgibt.

14. Vorrichtung zur Vermeidung von Unfällen (1000) nach Anspruch 13, wobei die Vorrichtung zur Vermeidung von Unfällen (1000) auf dem Versuchsfahrzeug (100) montiert ist.

15. Vorrichtung zur Vermeidung von Unfällen nach Anspruch 13, wobei die mindestens eine Radareinheit (200) umfasst: linke, rechte und mittlere Radarantennen; wobei die Vorrichtung weiter umfasst: eine Steuerung, die so programmiert ist, dass sie die linken und rechten Radarantennen in einem vorbestimmten Winkel im Verhältnis zu linken beziehungsweise rechten Kontrollpunkten hin- und herbewegt; wobei die Kontrollpunkte Positionen auf linken und rechten Fahrbahnen darstellen, die auf eine Kreuzung führen; und wobei die Steuerung so programmiert ist, dass sie die linken und rechten Kontrollpunkte von der Kreuzung weg bewegt, wenn sich das Versuchsfahrzeug der Kreuzung nähert.

16. Vorrichtung zur Vermeidung von Unfällen nach Anspruch 15, weiterhin umfassend: eine Karten-Datenbank (206), umfassend eine Kreuzung; wobei die Steuerung so programmiert ist, dass sie den Betrieb der linken, rechten und mittleren Radarantennen (200) als Reaktion darauf blockiert, dass die Karten-Datenbank (112) ein Nichtvorhandensein von Fahrbahnen anzeigt, die auf die Kreuzung führen, in die von den linken, rechten beziehungsweise mittleren Radarantennen abgedeckten Bereiche.

17. Vorrichtung zur Vermeidung von Unfällen nach Anspruch 16, weiter umfassend: eine Karten-Datenbank (206), umfassend eine Kreuzung; einen Positionssensor (204), der ein Bedrohungsfahrzeug (102) von anderen Gegenständen unterscheiden kann, die von den linken, rechten und mittleren Radarantennen (200) erfasst werden; wobei mindestens eine/r der Positionssensoren (204) und Steuerungen bestimmen kann, ob das Versuchsfahrzeug (100) und das Bedrohungsfahrzeug (102) die Kreuzung zur gleichen Zeit einnehmen werden; wobei die Steuerung so programmiert ist, dass sie ein

Warnsignal über die Schnittstelle (114) abgibt, als Reaktion darauf, ob das Versuchsfahrzeug (100) und das Bedrohungsfahrzeug (102) die Kreuzung zur gleichen Zeit einnehmen werden, und wenn die vorherrschenden Bedingungen keine geringe Wahrscheinlichkeit eines Unfalls an der Kreuzung anzeigen.

18. Vorrichtung zur Vermeidung von Unfällen nach Anspruch 17, wobei der Positionssensor (204) alle Gegenstände als Bedrohungsfahrzeuge (102) ausschließen kann, die von den linken, rechten und mittleren Radarantennen (200) erfasst werden, die unbeweglich sind oder sich von der Kreuzung weg bewegen.

19. Vorrichtung zur Vermeidung von Unfällen nach Anspruch 13, wobei die mindestens eine Radareinheit (200) umfasst: linke, rechte und mittlere Radarantennen; und die Vorrichtung (1000) weiter umfasst: eine Karten-Datenbank (206), wobei eine Karte in der Datenbank eine Kreuzung umfasst; einen Positionssensor (204), der ein Bedrohungsfahrzeug (102), das sich der Kreuzung nähert, von anderen Gegenständen unterscheiden kann, die von den linken, rechten und mittleren Radarantennen erfasst werden; und der Prozessor (116) so programmiert ist, dass er ein Warnsignal in Reaktion darauf abgibt, ob das Versuchsfahrzeug (100) und das Bedrohungsfahrzeug (102) die Kreuzung zur gleichen Zeit einnehmen werden, und wenn die vorherrschenden Bedingungen keine geringe Wahrscheinlichkeit eines Unfalls an der Kreuzung anzeigen.

20. Vorrichtung nach Anspruch 19, wobei eine vorherrschende Bedingung, die eine geringe Wahrscheinlichkeit eines Unfalls anzeigt, umfasst, dass sich das Bedrohungsfahrzeug (102) einer Kreuzung von der linken Seite des Versuchsfahrzeugs (100) aus nähert und dass das Bedrohungsfahrzeug (102) mehr als in einem vorbestimmten Maß die Fahrt verlangsamt.

21. Vorrichtung nach Anspruch 19, wobei eine vorherrschende Bedingung, die eine geringe Wahrscheinlichkeit eines Unfalls anzeigt, umfasst, dass sich das Bedrohungsfahrzeug (102) einer Kreuzung von vorne des Versuchsfahrzeugs (100) nähert, sowie eine der folgenden: das Versuchsfahrzeug (100) hat den linken Fahrtrichtungsanzeiger aktiviert und das Bedrohungsfahrzeug (102) verlangsamt mehr als in einem vorbestimmten Maß die Fahrt; das Versuchsfahrzeug (100) hat den rechten Fahrtrichtungsanzeiger aktiviert und das Bedrohungsfahrzeug (102) verlangsamt nicht mehr als in einem vorbestimmten Maß die Fahrt; das Versuchsfahrzeug (100) hat keinen Fahrtrich-

tungsanzeiger aktiviert und das Bedrohungsfahrzeug (102) verlangsamt nicht mehr als in einem vorbestimmten Maß die Fahrt; und
das Versuchsfahrzeug (100) hat den rechten Fahrtrichtungsanzeiger aktiviert und es ist keine linke Fahrbahn vorhanden, die von der Kreuzung aus verläuft.

22. Vorrichtung nach Anspruch 19, wobei eine vorherrschende Bedingung, die eine geringe Wahrscheinlichkeit eines Unfalls anzeigt, umfasst, dass sich das Bedrohungsfahrzeug (102) der Kreuzung von der rechten Seite des Versuchsfahrzeugs (100) aus nähert, sowie eine der folgenden:
das Versuchsfahrzeug (100) hat den linken Fahrtrichtungsanzeiger aktiviert und das Bedrohungsfahrzeug (102) verlangsamt mehr als in einem vorbestimmten Maß die Fahrt;
das Versuchsfahrzeug (100) hat den rechten Fahrtrichtungsanzeiger aktiviert; und
das Versuchsfahrzeug (100) hat keinen Fahrtrichtungsanzeiger aktiviert und das Bedrohungsfahrzeug (102) verlangsamt mehr als in einem vorbestimmten Maß die Fahrt.

Es folgen 19 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

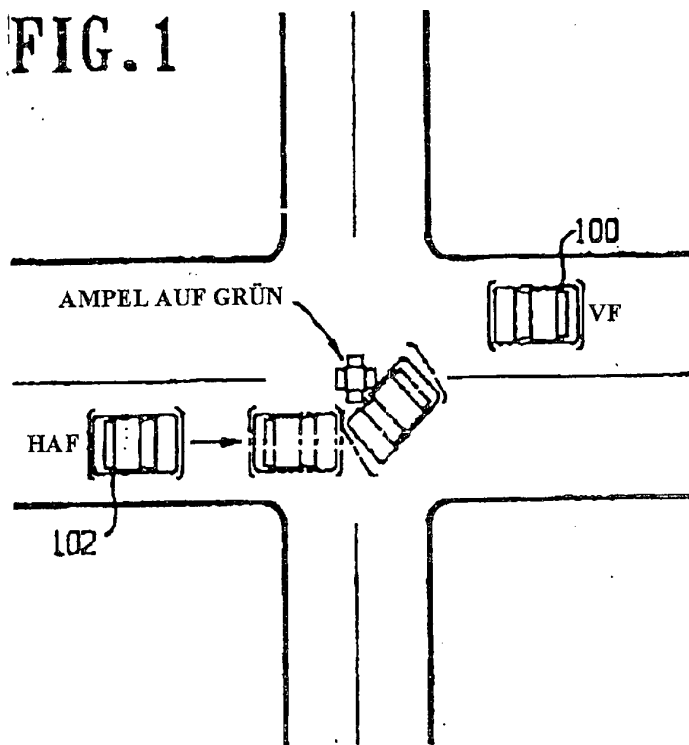


FIG. 5

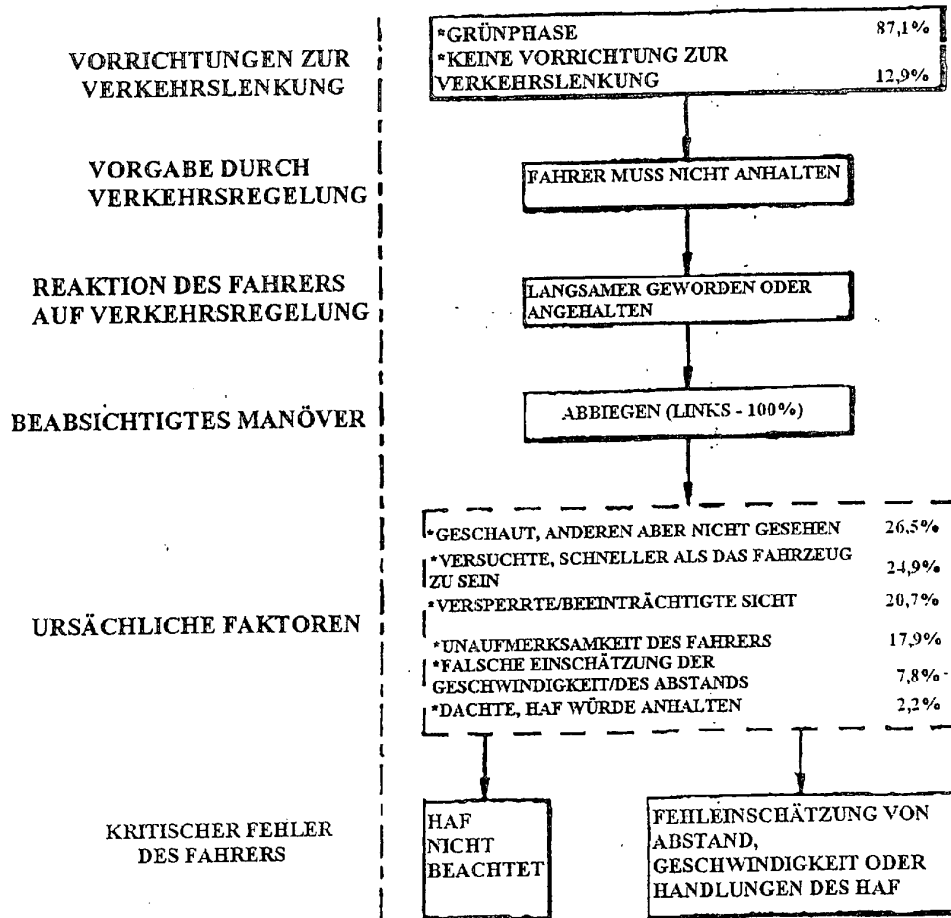


FIG.2

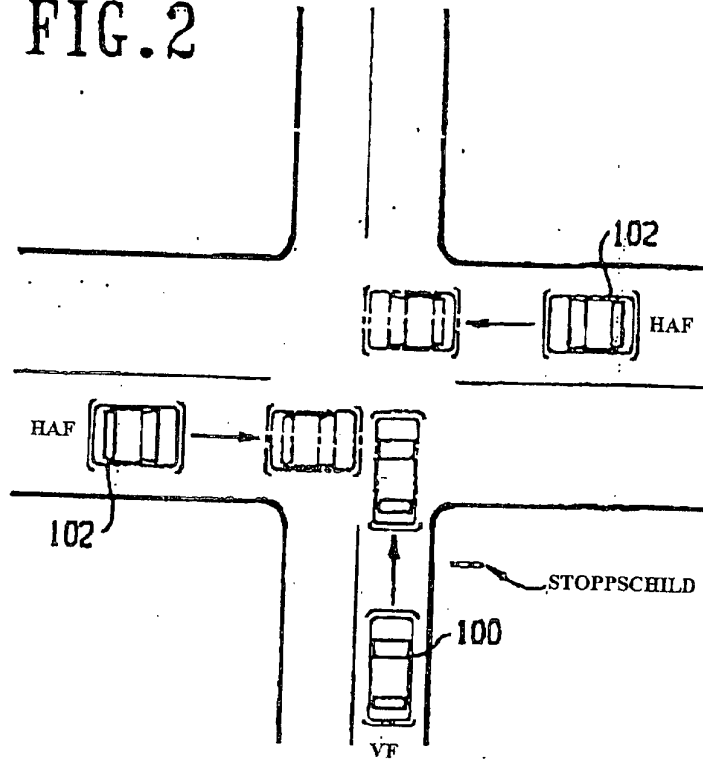


FIG.3

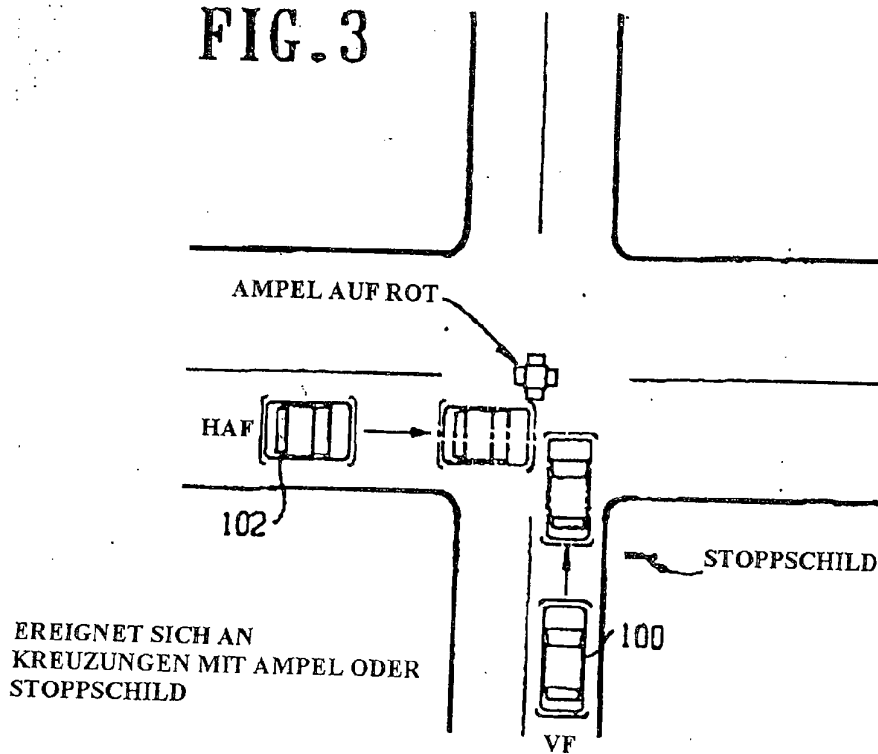


FIG. 4

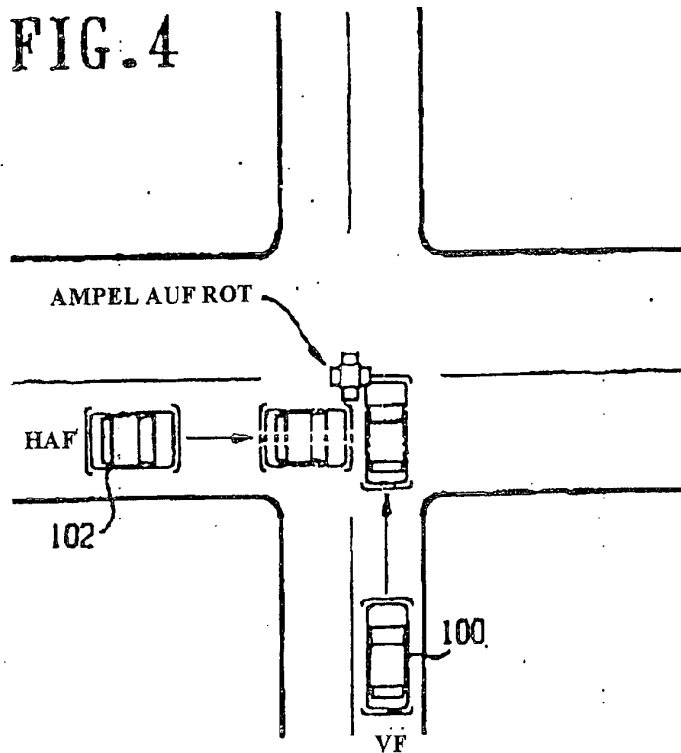
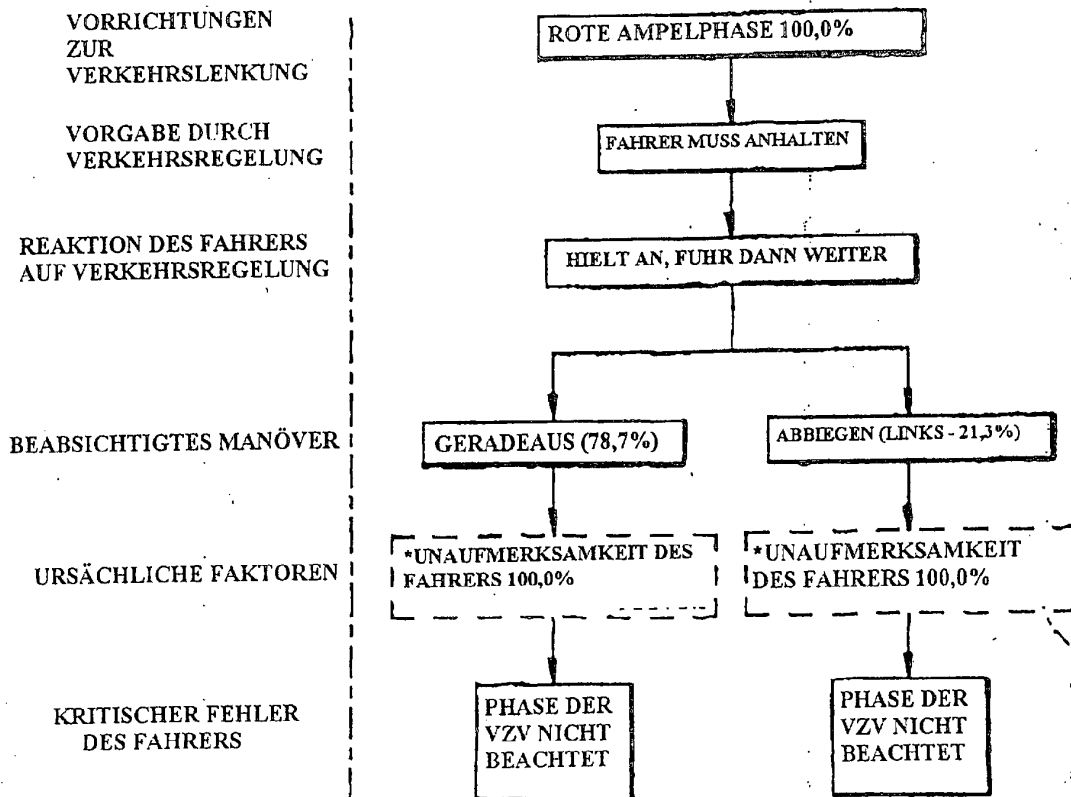
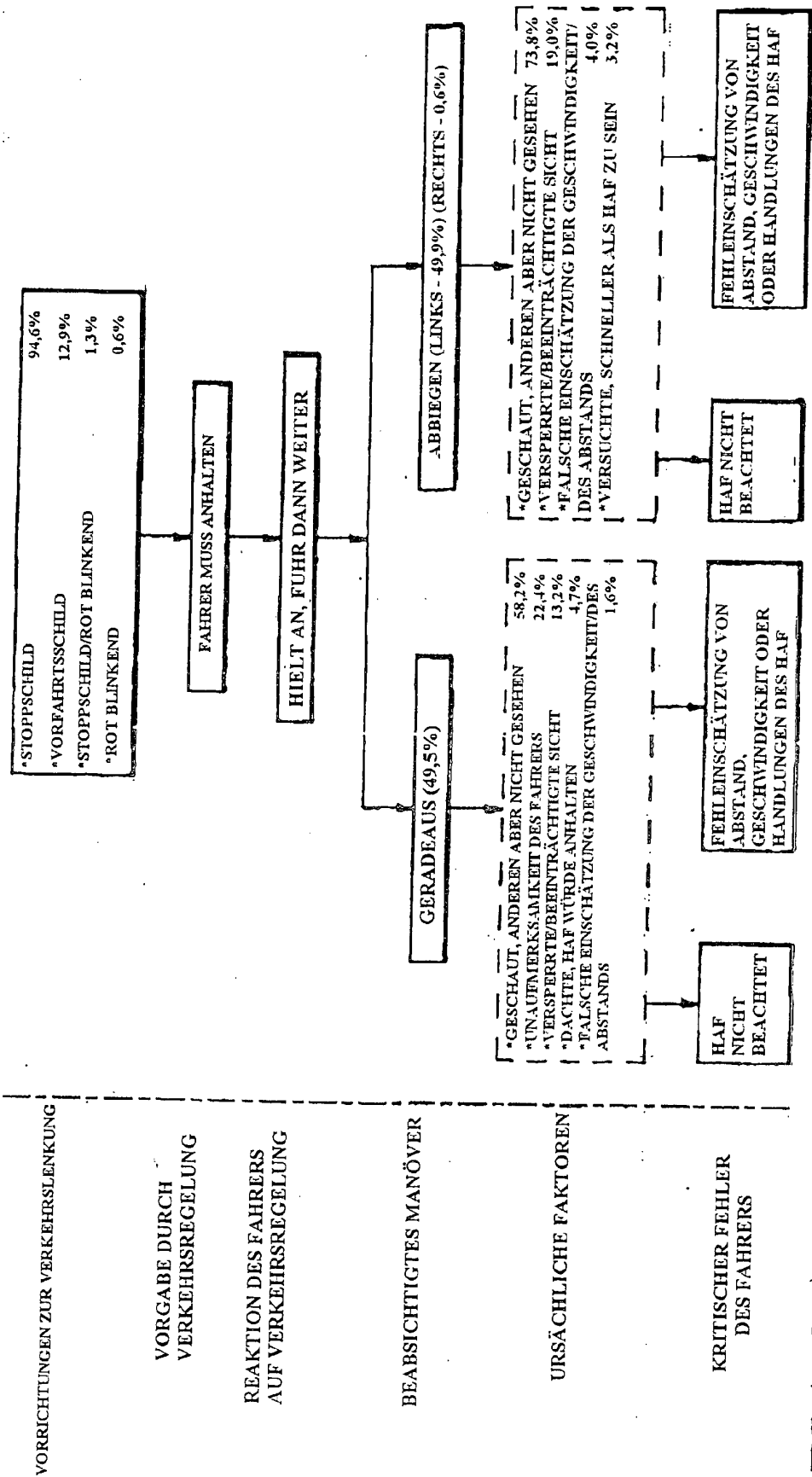


FIG. 8





VORRICHTUNGEN ZUR VERKEHRSLENKUNG

VORGABE DURCH VERKEHRSREGELUNG

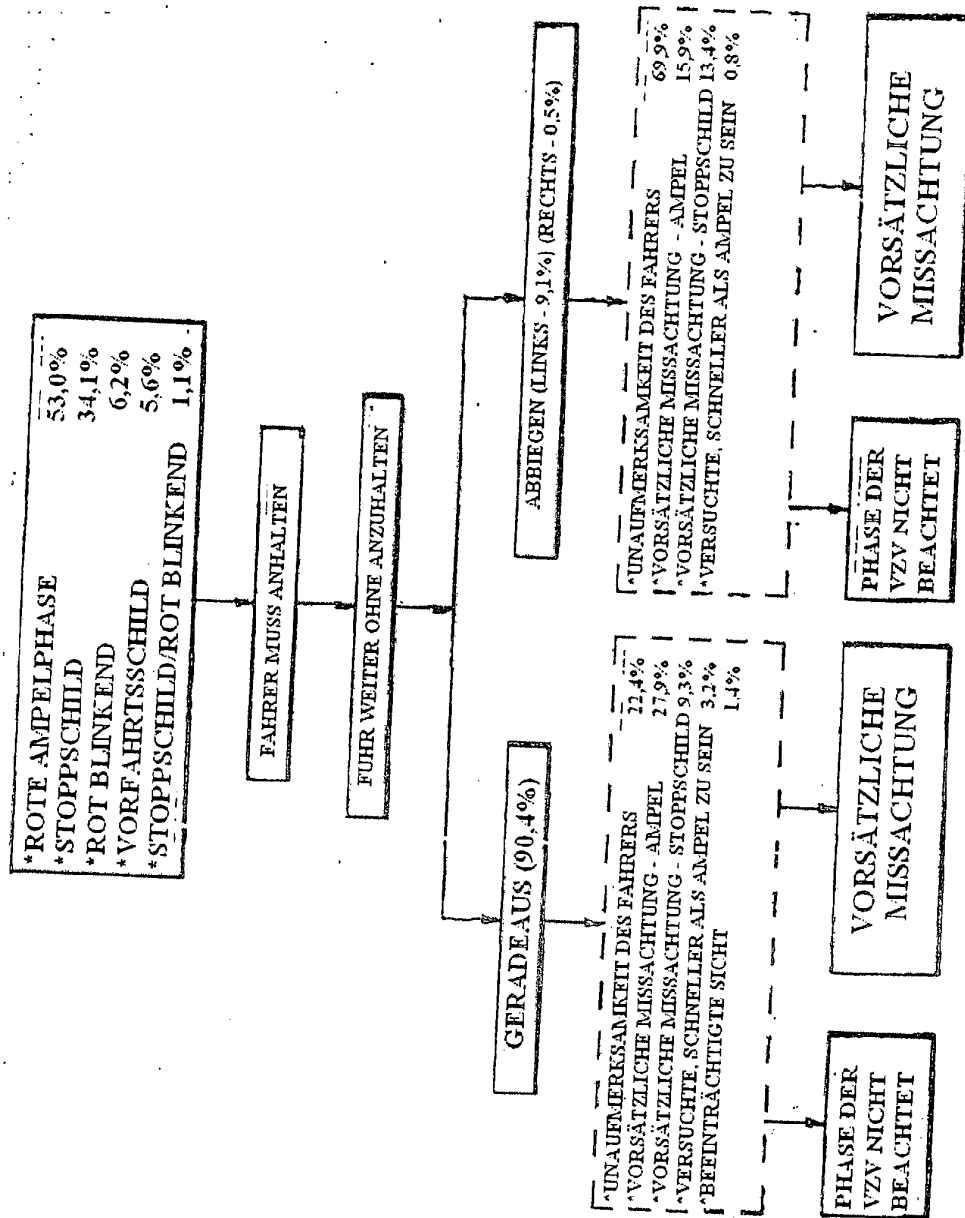
REAKTION DES FAHRERS AUF VERKEHRSREGELUNG

BEABSICHTIGTES MANÖVER

URSÄCHLICHE FAKTOREN

KRITISCHER FEHLER DES FAHRERS

FIG. 6



VORRICHTUNGEN ZUR VERKEHRSLENKUNG

VORGABE DURCH VERKEHRSREGELUNG REAKTION DES FAHRERS AUF VERKEHRSREGELUNG

BEABSICHTIGTES MANÖVER

URSÄCHLICHE FAKTOREN

KRITISCHER FEHLER DES FAHRERS

FIG. 7

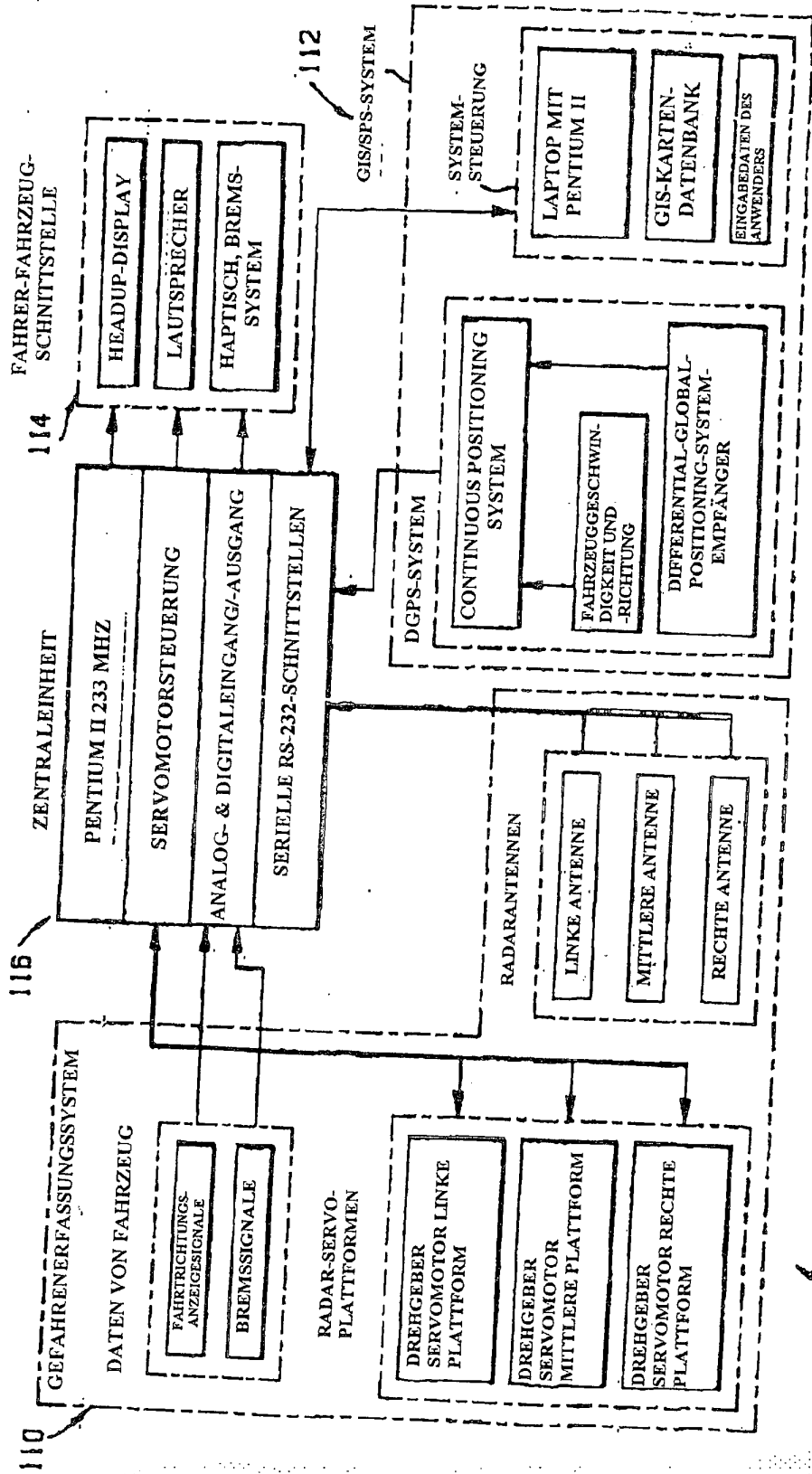


FIG. 9

1000

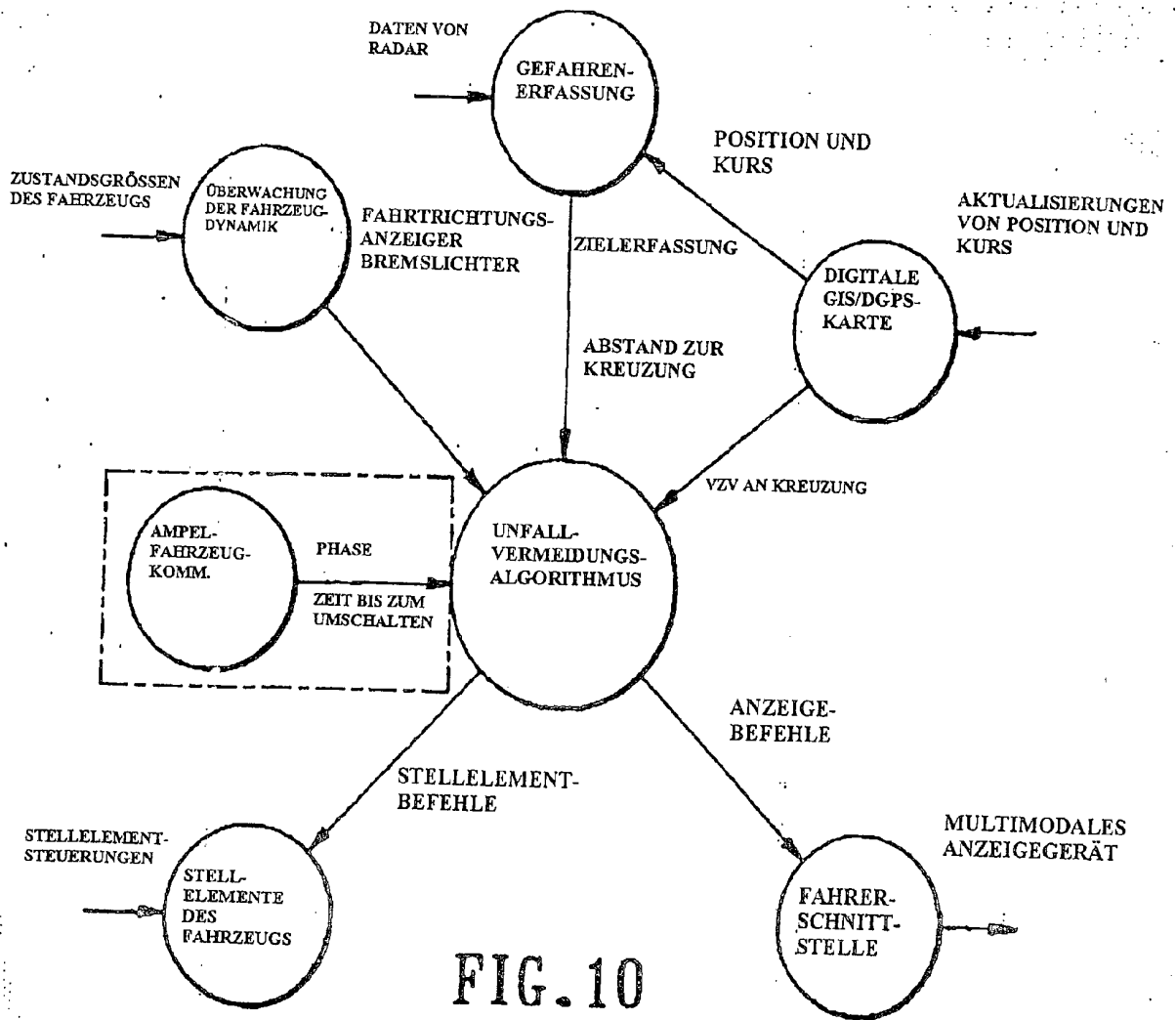


FIG. 10

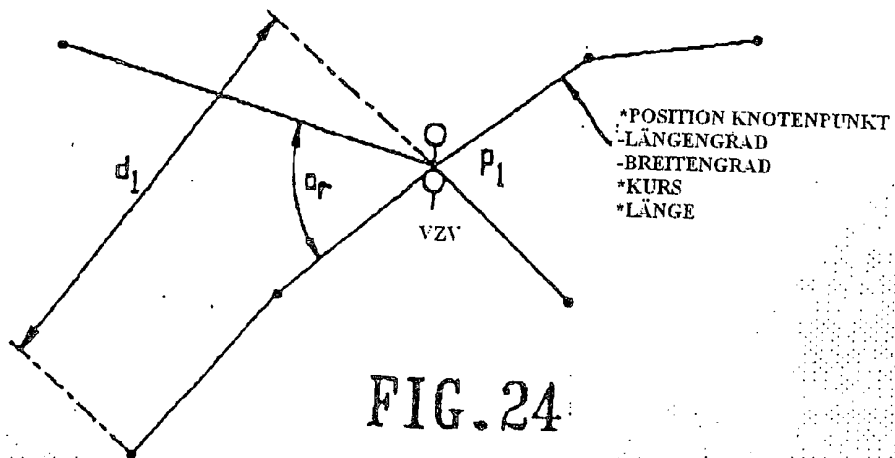


FIG. 24

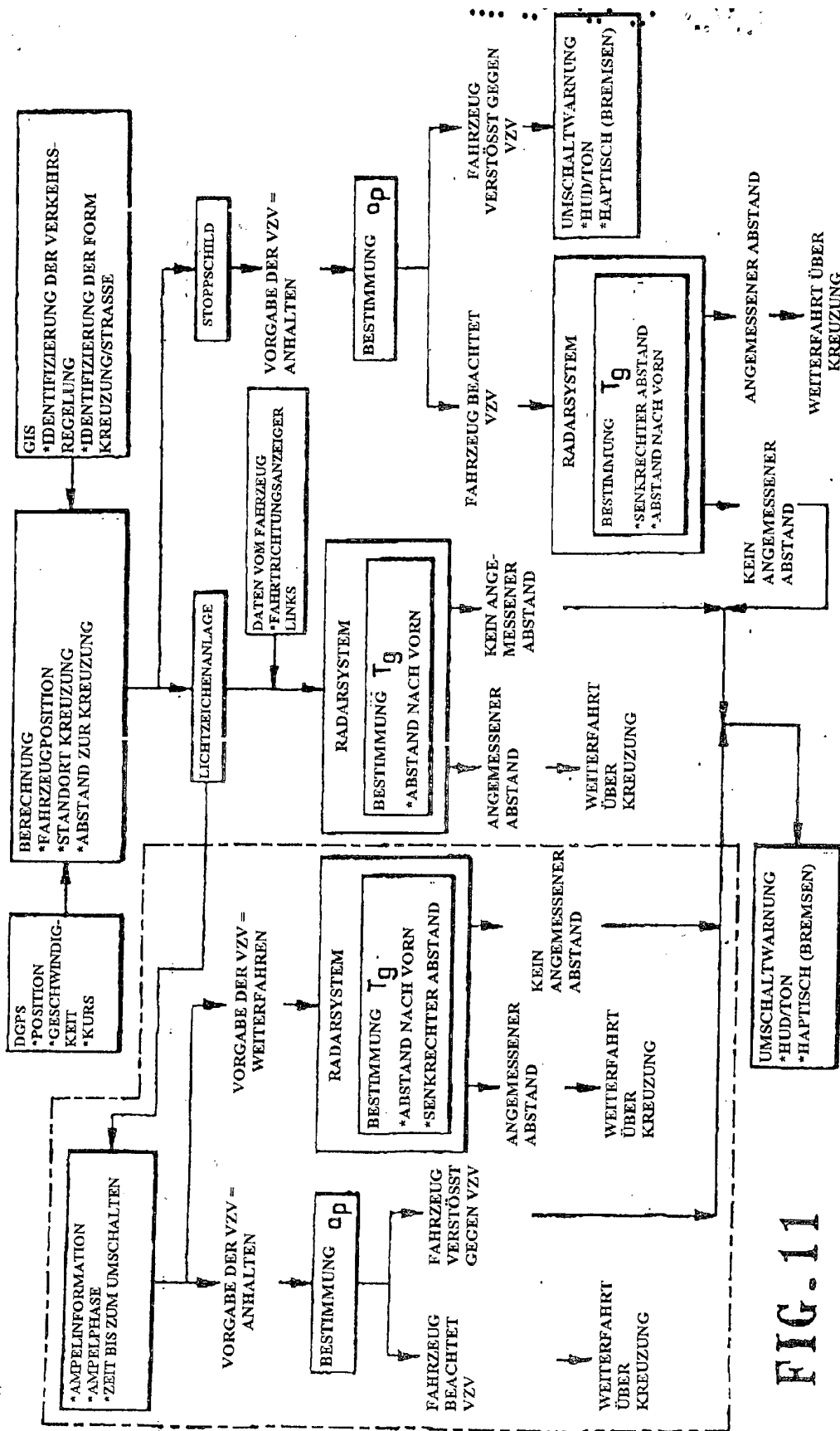


FIG. 11

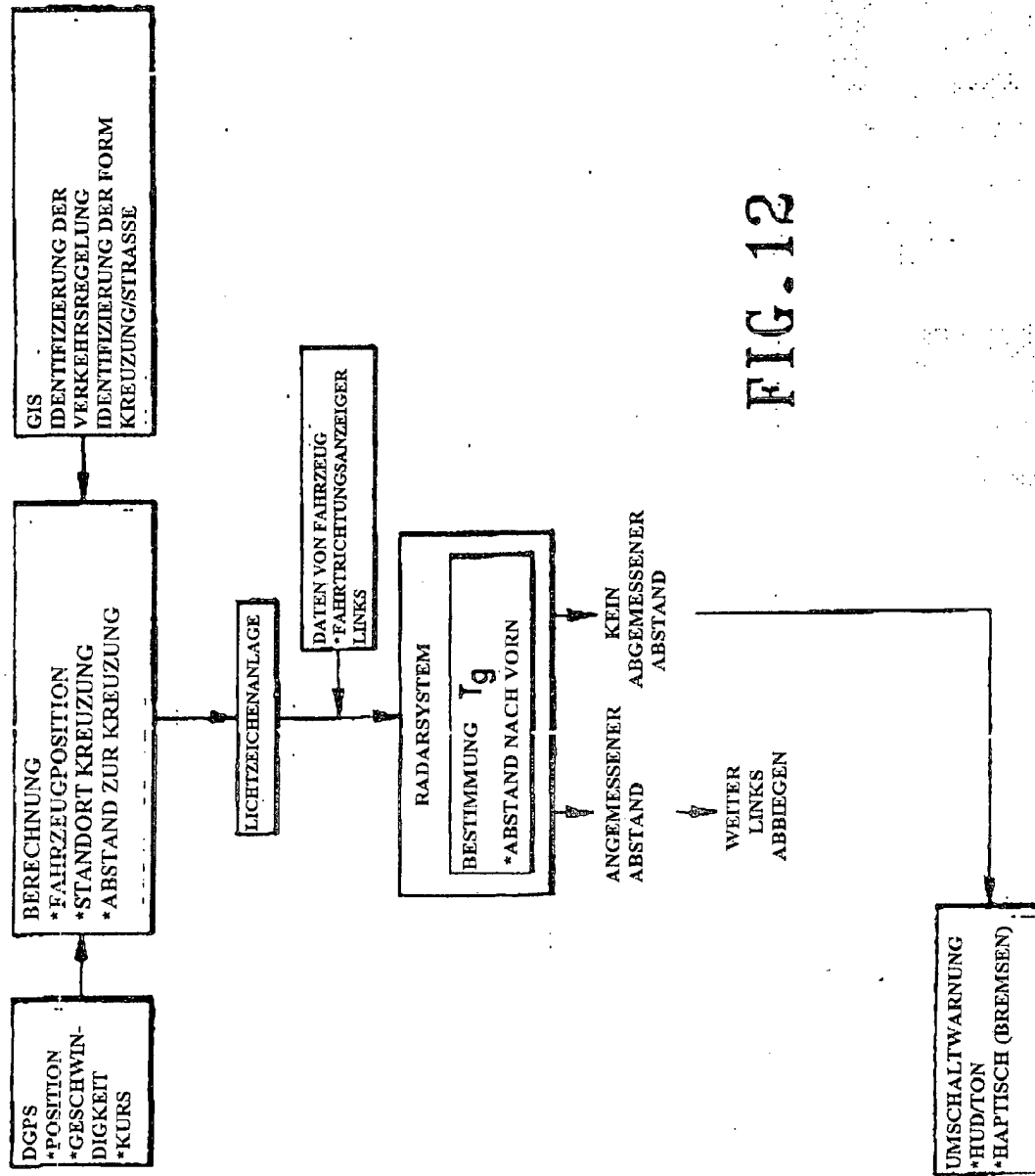


FIG. 12

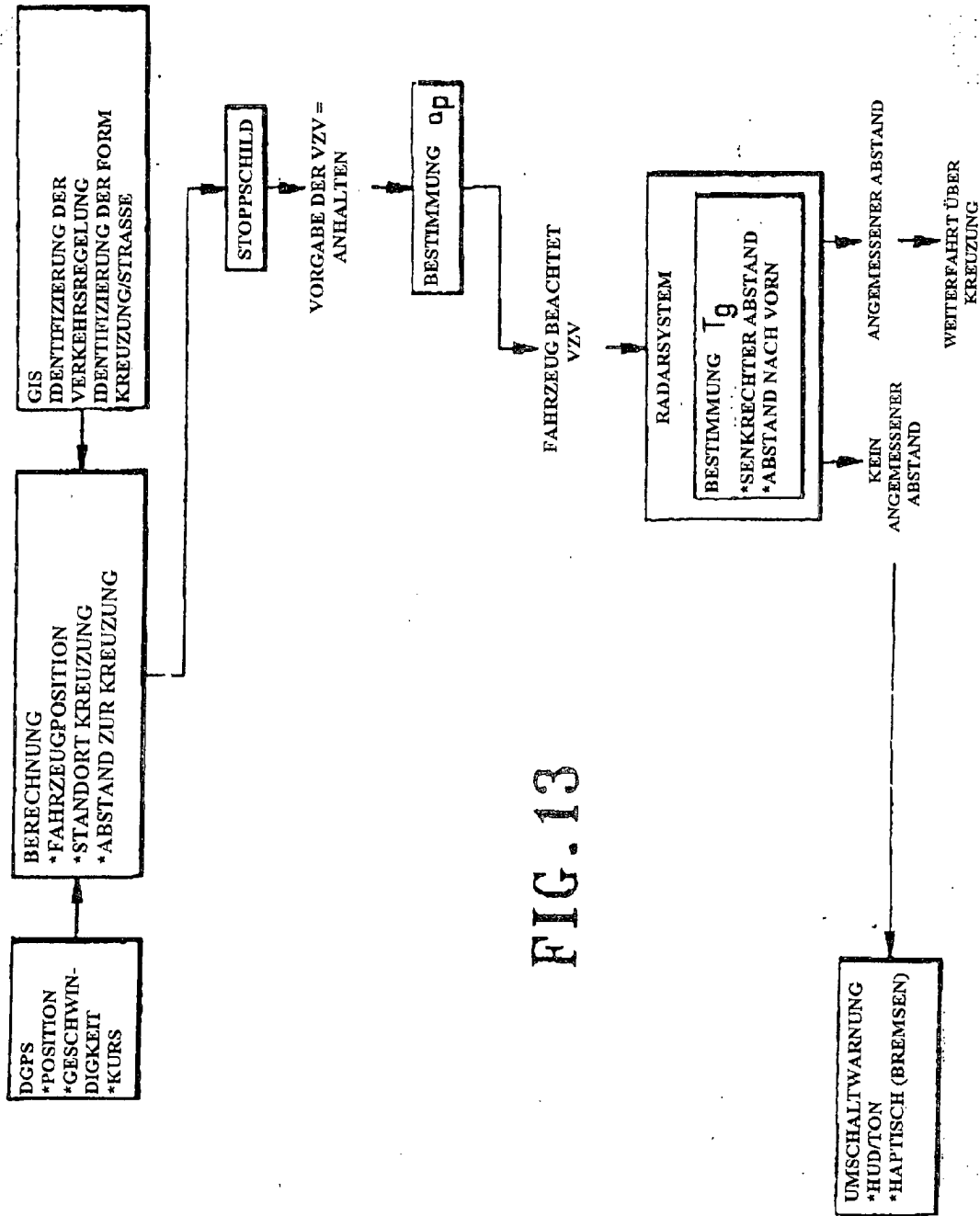


FIG. 13

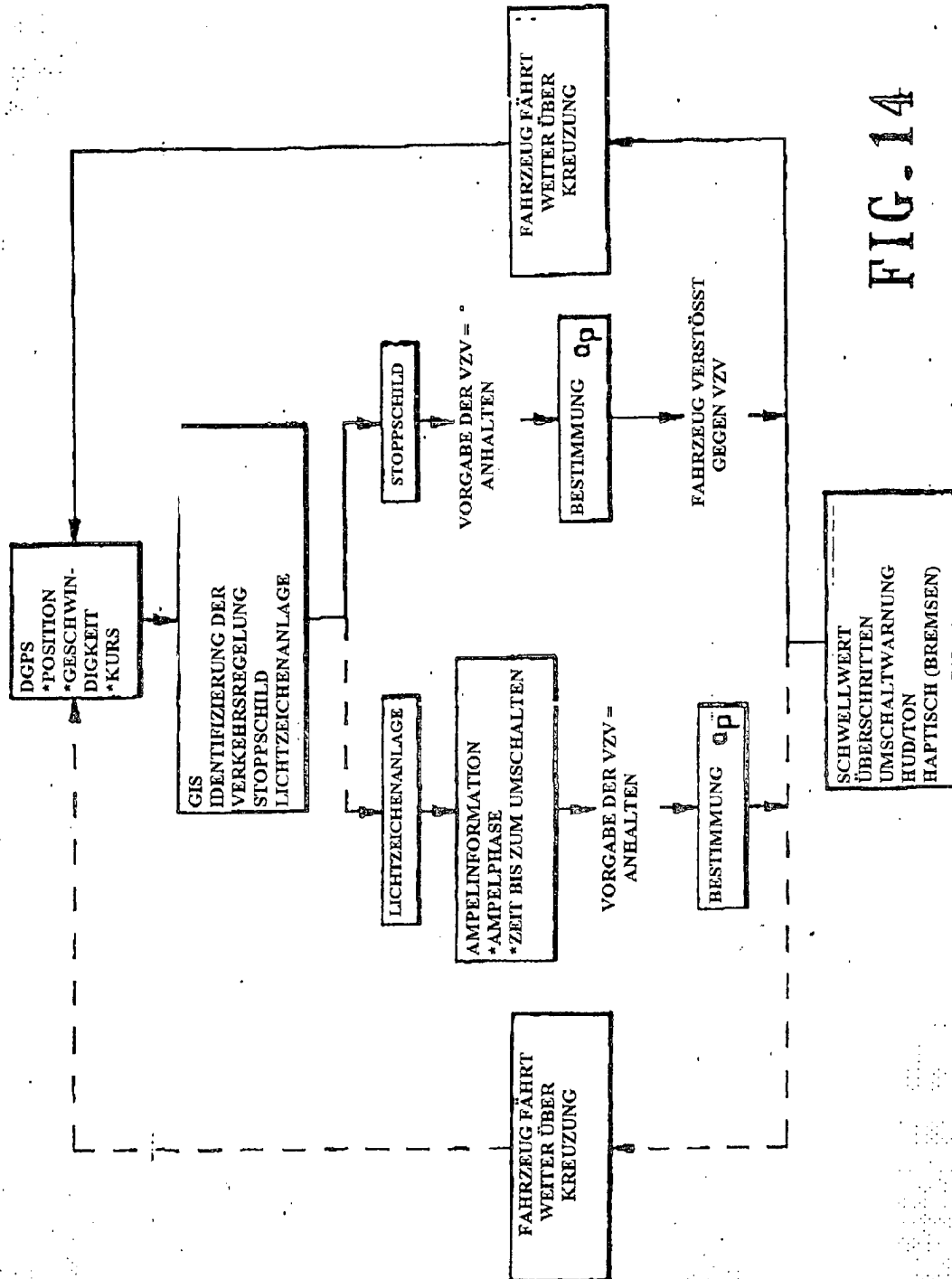


FIG. 14

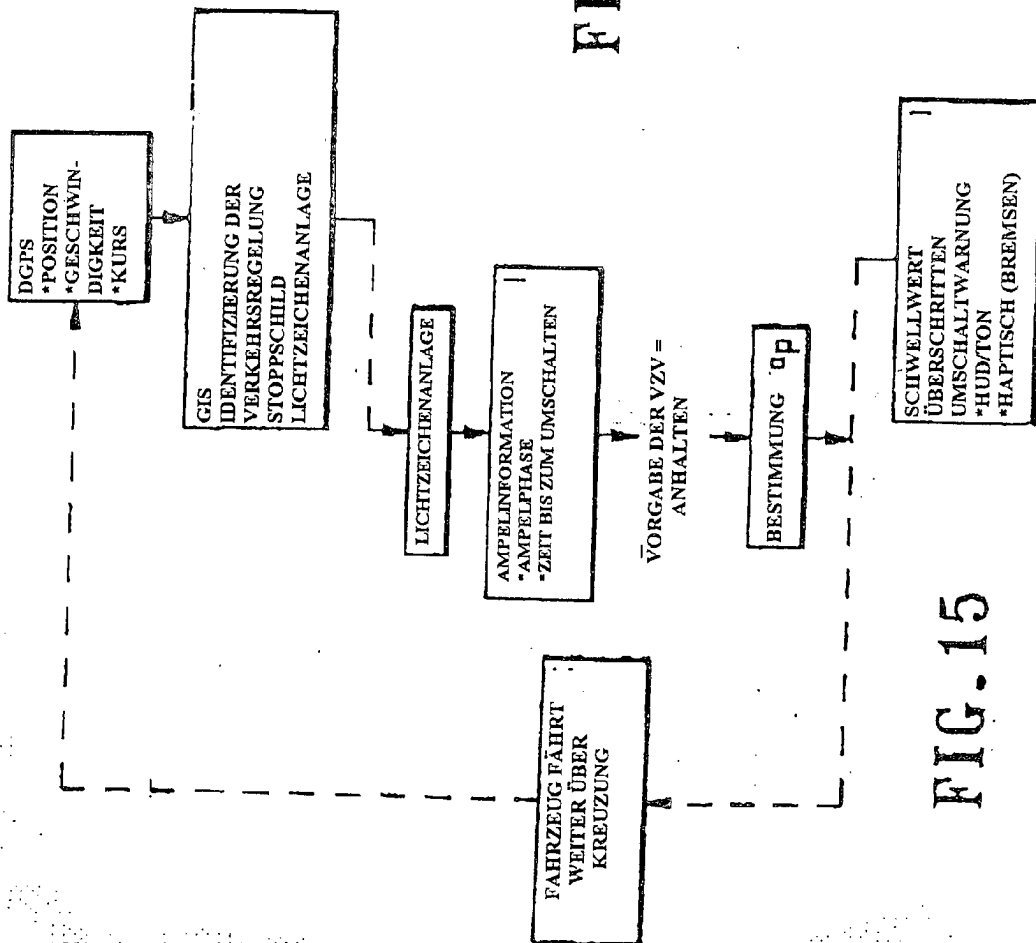


FIG. 15

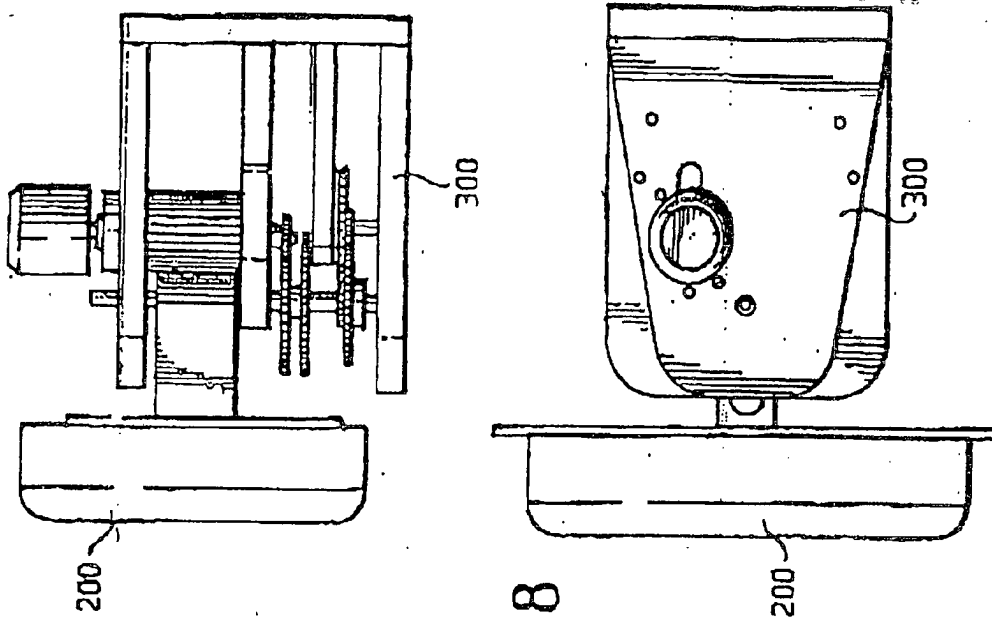


FIG. 18

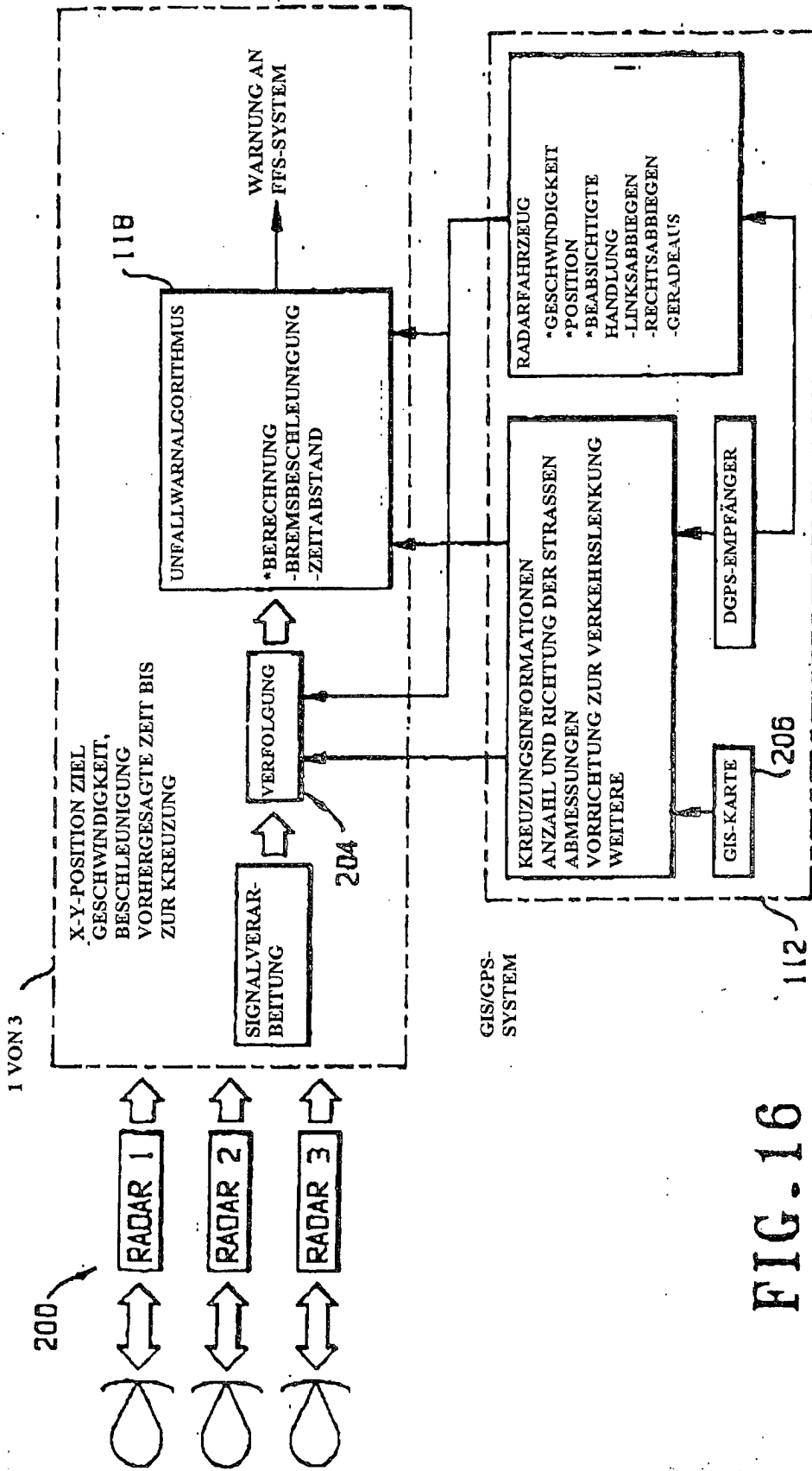


FIG. 16

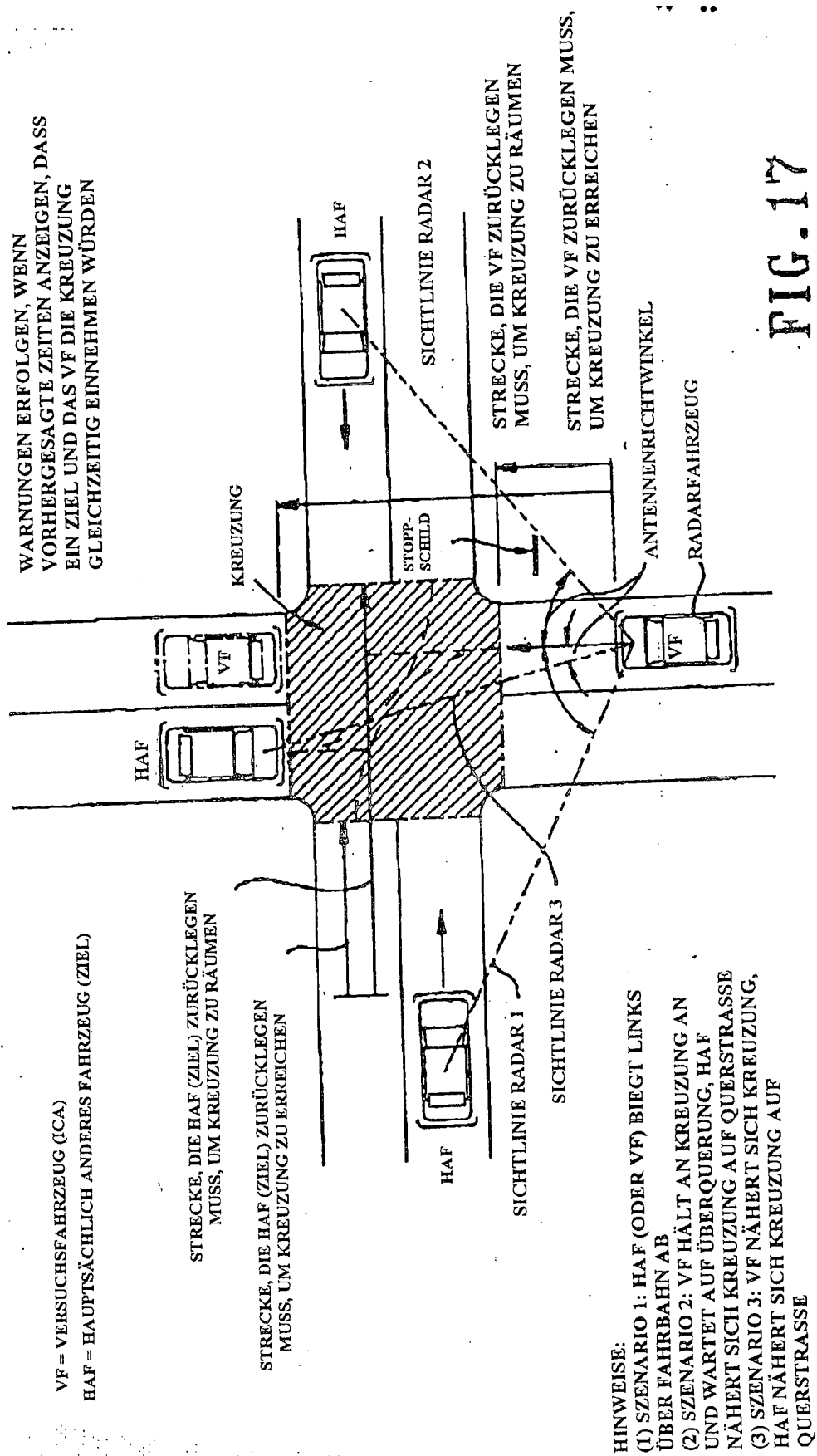
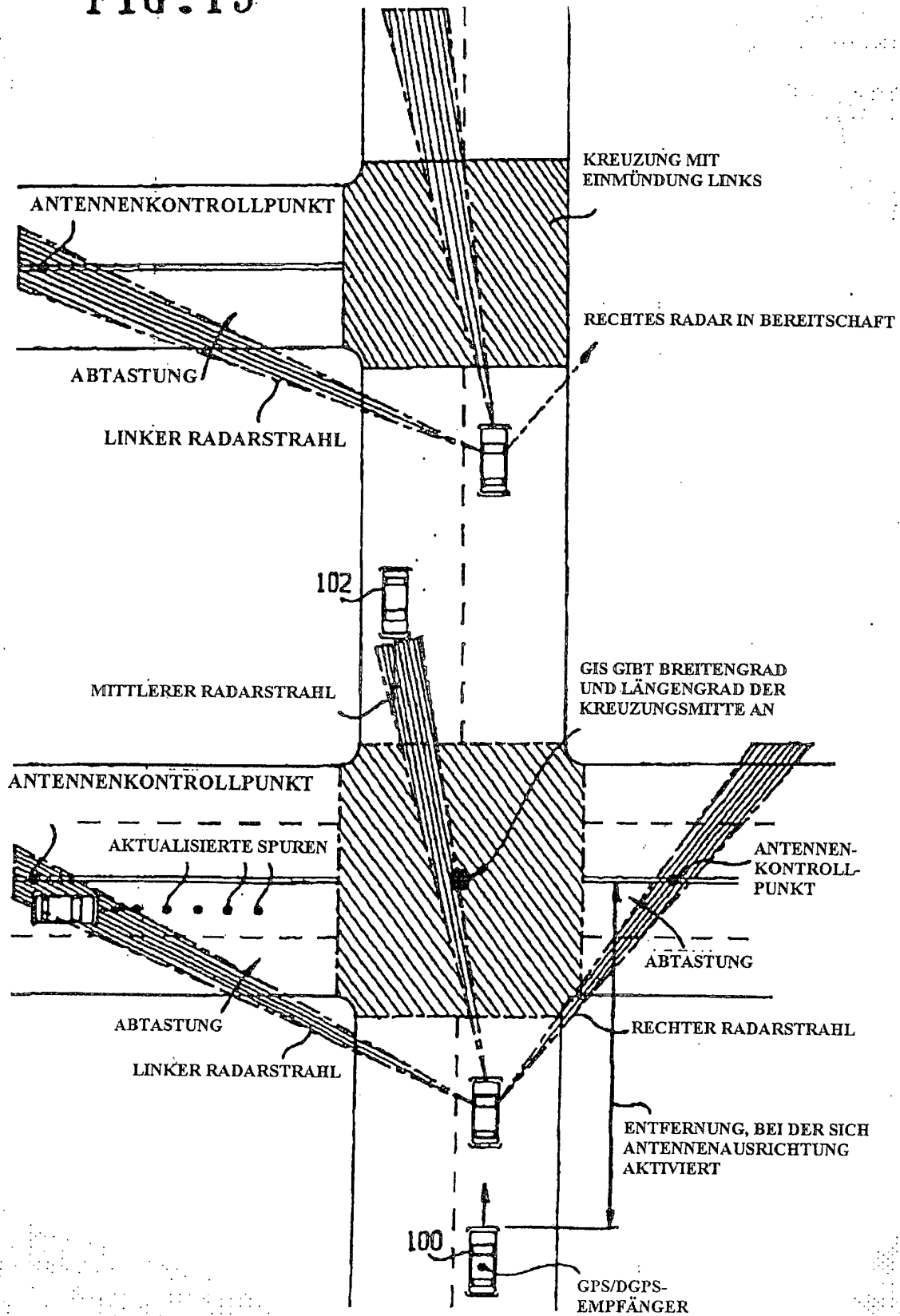


FIG. 17

FIG. 19



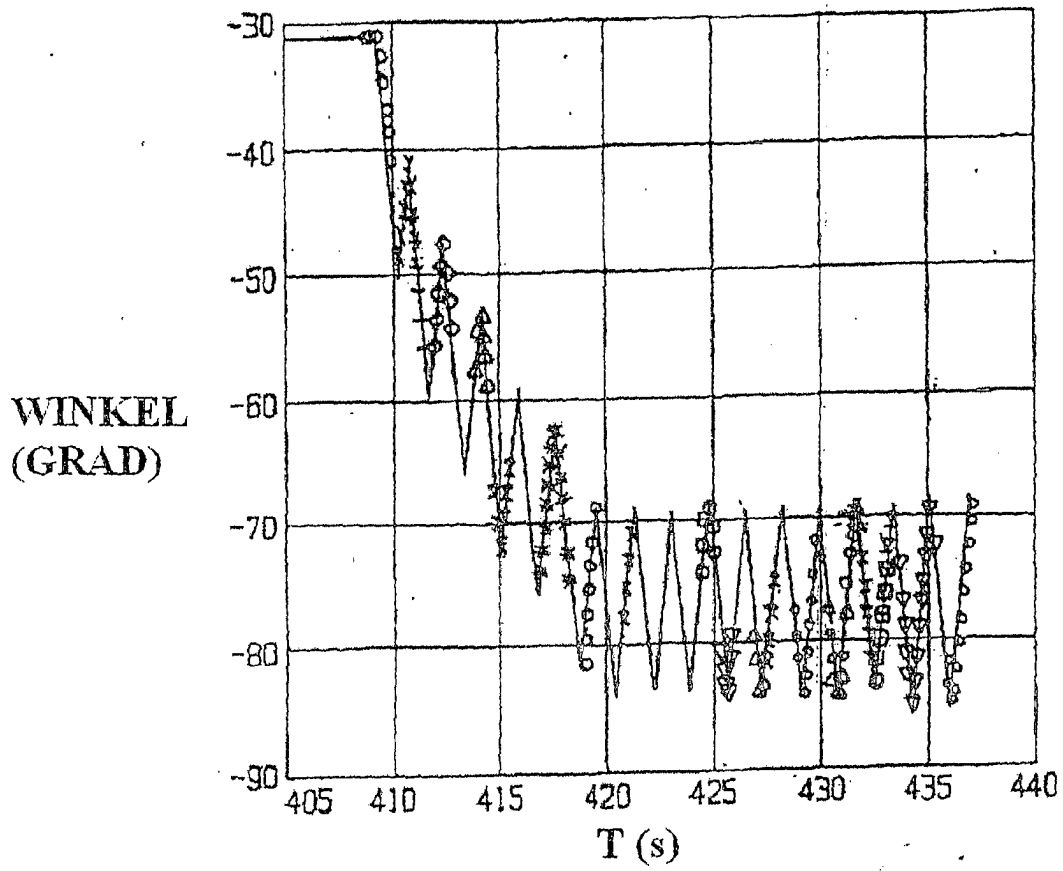


FIG. 20

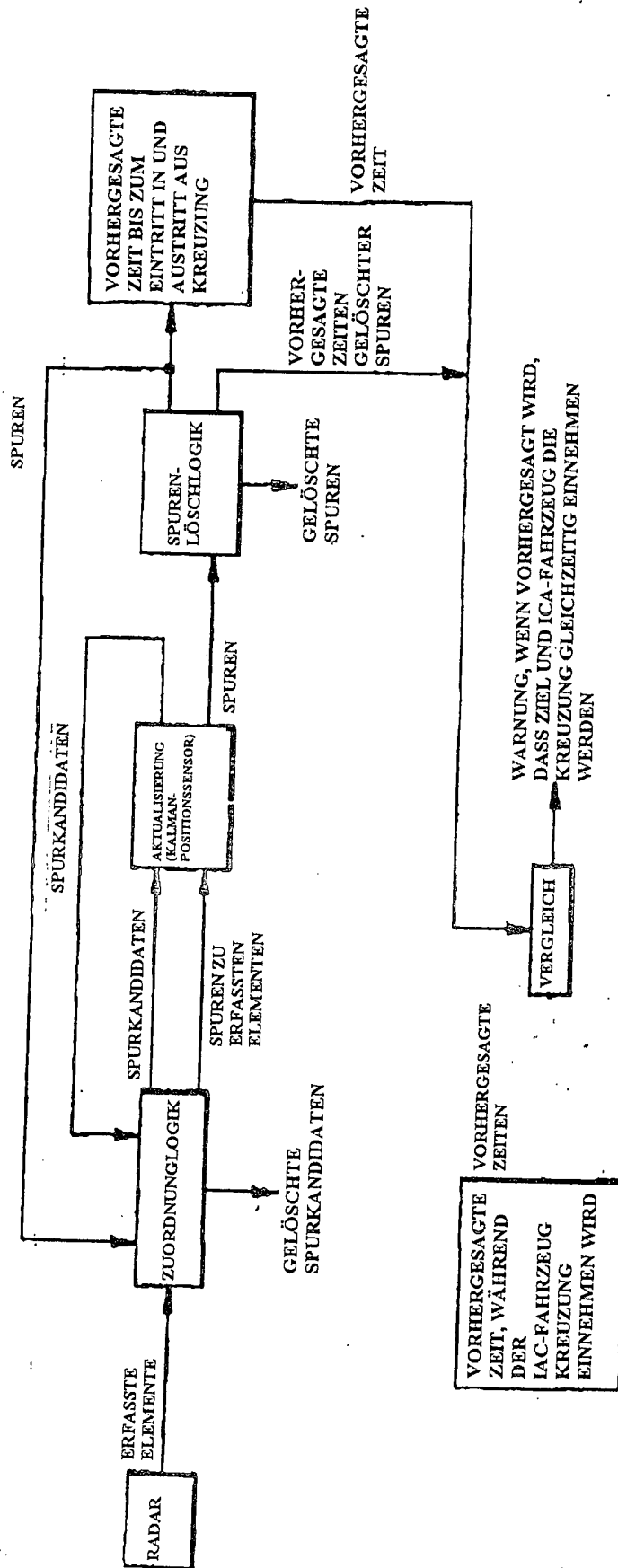
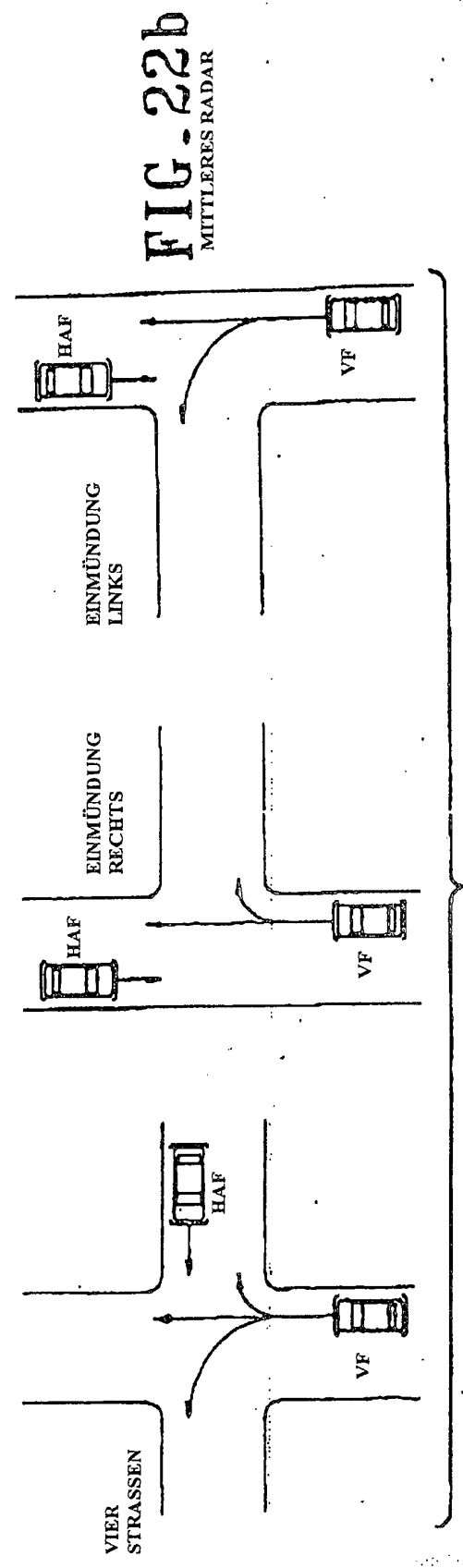
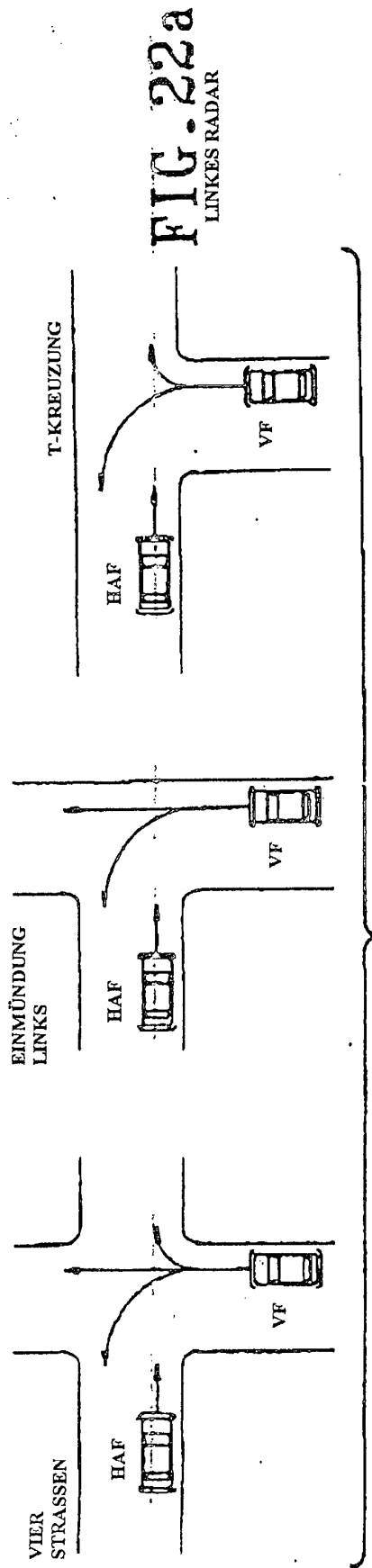


FIG. 21



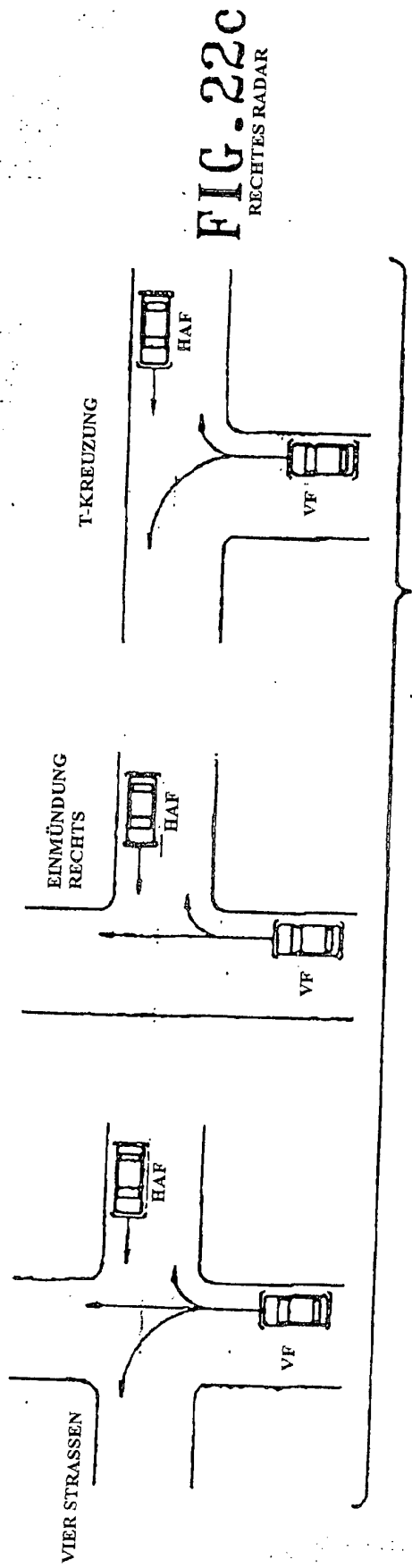


FIG. 22c
RECHTES RADAR

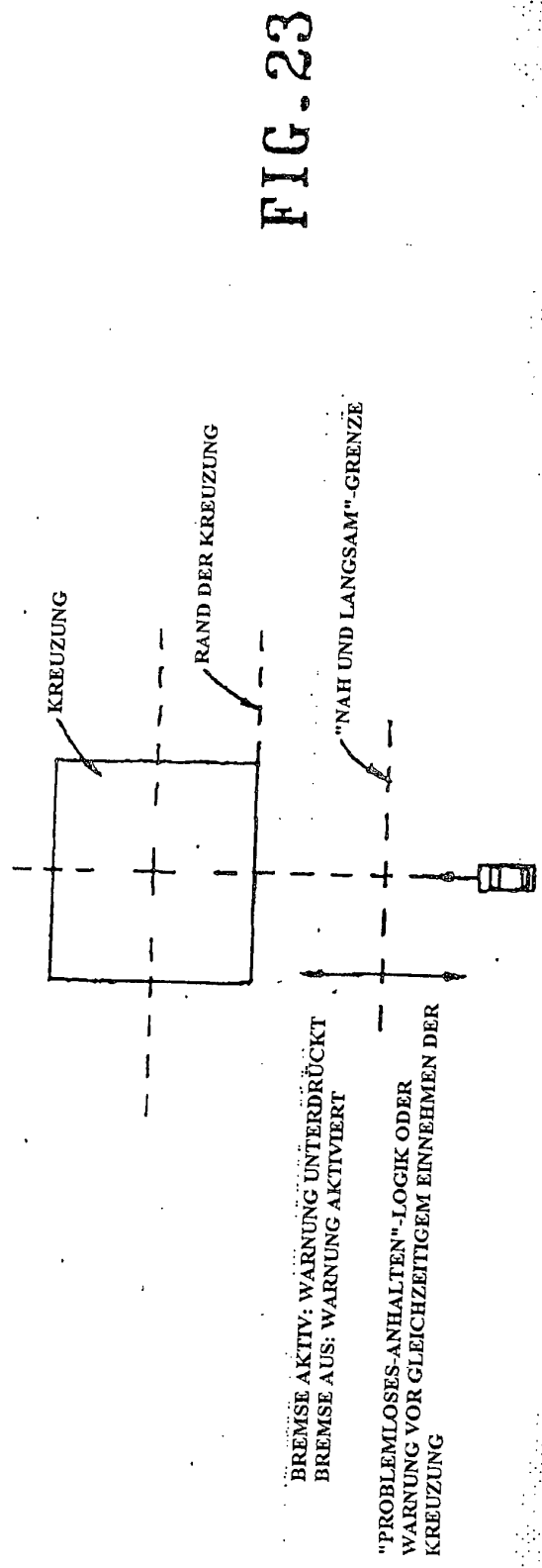


FIG. 23