



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2005 036 049 A1** 2007.02.08

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2005 036 049.1**

(22) Anmeldetag: **01.08.2005**

(43) Offenlegungstag: **08.02.2007**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **B60K 31/00** (2006.01)

(71) Anmelder:

**Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE**

(72) Erfinder:

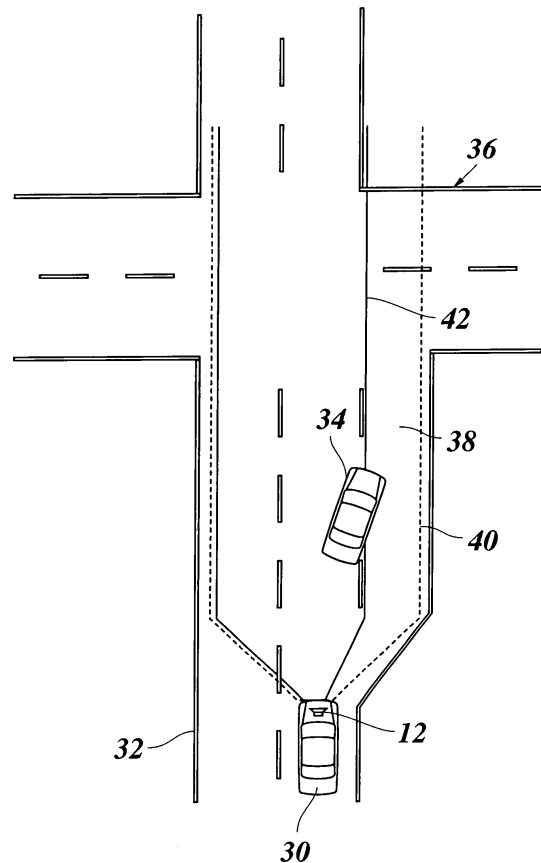
**Urban, Werner, 71665 Vaihingen, DE; Hofmann,  
Holger, 74747 Ravenstein, DE; Gibson, Brendan,  
70176 Stuttgart, DE**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Erkennung eines Abbiegevorgangs und Fahrerassistenzsystem für Kraftfahrzeuge**

(57) Zusammenfassung: Verfahren für ein Fahrerassistenzsystem eines Kraftfahrzeugs (30), gekennzeichnet durch die folgenden Schritte:

- Prüfen, ob eine Abbiegemöglichkeit (36) besteht anhand einer digitalen Karte eines Navigationssystems und,
- wenn eine Abbiegemöglichkeit besteht, Auswerten der von einem Ortungssystem (12) gemessenen dynamischen Daten eines vorausfahrenden Fahrzeugs (34) und Berechnen einer Abbiegewahrscheinlichkeit für das vorausfahrende Fahrzeug anhand dieser Daten.



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren für ein Fahrerassistenzsystem eines Kraftfahrzeugs.

## Stand der Technik

**[0002]** Ein typisches Beispiel für ein Fahrerassistenzsystem ist ein sogenanntes ACC-System (Adaptive Cruise Control). Darunter versteht man ein adaptives Geschwindigkeitsregelsystem, das in der Lage ist, die Geschwindigkeit des Fahrzeugs auf eine vom Fahrer gewählte Wunschgeschwindigkeit zu regeln und das zusätzlich ein Ortungssystem, beispielsweise ein Radarsystem, zur Ortung vorausfahrender Fahrzeuge aufweist und somit erforderlichenfalls in der Lage ist, die Geschwindigkeit des eigenen Fahrzeugs an die des vorausfahrenden Fahrzeugs, des sogenannten Zielobjekts, anzupassen. Solche Systeme sind bisher vorwiegend für den Einsatz auf Autobahnen konzipiert, es sind jedoch fortgeschrittene ACC-Systeme in Entwicklung, die auch für den Einsatz auf Landstraßen und sogar im Stadtverkehr geeignet sind.

**[0003]** Bei dem Zielobjekt für die Abstandsregelung handelt es sich in der Regel um ein unmittelbar vorausfahrendes Fahrzeug auf der von dem eigenen Fahrzeug fahrenden Fahrspur. Das System muß deshalb in der Lage sein zu erkennen, auf welcher Spur sich ein vorausfahrendes Fahrzeug befindet. Zu diesem Zweck wird ein winkelauflösender Radarsensor eingesetzt, mit dem nicht nur der Abstand und die Relativgeschwindigkeit des vorausfahrenden Fahrzeugs, sondern auch dessen Azimutwinkel und damit die Querposition in Bezug auf das eigene Fahrzeug gemessen werden kann.

**[0004]** Damit eine korrekte Spurzuordnung vorgenommen werden kann, muß außerdem der voraussichtliche Fahrbahnverlauf und damit der voraussichtliche Kurs des eigenen Fahrzeugs abgeschätzt werden. Für diese Kursprädiktion wird häufig die Gierrate des eigenen Fahrzeugs gemessen, beispielsweise mit Hilfe eines Gierratensensors, so daß ein gekrümmter Fahrbahnverlauf zumindest dann erkannt werden kann, wenn das eigene Fahrzeug bereits in die Kurve eingefahren ist. Ergänzend kann zur Kursprädiktion auch die Winkelgeschwindigkeit eines Kollektivs vorausfahrender Fahrzeuge herangezogen werden. Sofern das eigene Fahrzeug außerdem über ein Navigationssystem verfügt, ist es auch möglich, die digitale Karte des Navigationssystems zur Abschätzung des Fahrbahnverlaufes heranzuziehen.

**[0005]** Die Kursprädiktion bildet dann die Grundlage für die Bestimmung eines sogenannten Fahrschlauches, darunter versteht man einen Streifen auf der Fahrbahn, der etwas breiter ist als das eigene Fahrzeug und dem voraussichtlichen Kurs des Fahrzeugs

folgt. Als Zielobjekt für die Abstandsregelung kommen dann nur Fahrzeuge in Betracht, die sich innerhalb dieses Fahrschlauches befinden.

**[0006]** Es ist bereits vorgeschlagen worden, die Breite oder die linken und rechten Grenzen des Fahrschlauches situationsabhängig zu variieren. Wenn sich das eigene Fahrzeug beispielsweise auf der äußersten linken Spur einer mehrspurigen Fahrbahn befindet, ist es zweckmäßig, den Fahrschlauch nach links zu erweitern, damit das Zielobjekt in einer Linkskurve nicht so leicht verloren geht, während andererseits auf der rechten Seite eine engere Fahrschlauchgrenze gewählt wird, damit sogenannte Nebenspurstörungen durch Fahrzeuge auf der rechten Nebenspur vermieden werden. Bei einer Fahrt auf der äußersten rechten Spur ist es entsprechend umgekehrt. Zur Entscheidung, auf welcher Spur einer mehrspurigen Fahrbahn sich das eigene Fahrzeug befindet, können wieder die Ortungsdaten eines Kollektivs vorausfahrender Fahrzeuge oder die Ortungssignale stehender Objekte herangezogen werden.

**[0007]** Auf Landstraßen wird man den Fahrschlauch nach beiden Seiten erweitern, damit eine Verfolgung des Zielobjekts auch in engeren Kurven sichergestellt wird. Zur Erkennung des Straßentyps, Autobahn oder Landstraße, kann gegebenenfalls die digitale Karte des Navigationssystems ausgewertet werden.

**[0008]** Im Normalfall läßt sich auf diese Weise eine situationsgerechte Anpassung des Fahrschlauches erreichen. Da jedoch in die Bestimmung des Fahrschlauches und gegebenenfalls auch in die Kursprädiktion die Bewegungsdaten der vorausfahrenden Fahrzeuge einfließen, können abbiegende Fahrzeuge an Autobahnausfahrten, Kreuzungen oder Einmündungen zu einer Fehlinterpretation der Situation und damit zu einer Fehlfunktion des Fahrerassistenzsystems führen. Dies gilt nicht nur für ACC-Systeme, sondern beispielsweise auch für Sicherheitssysteme (PSS; Predictive Safety System), die den Fahrer vor einer Kollisionsgefahr warnen oder gegebenenfalls aktiv in die Fahrzeugführung eingreifen, um die Kollision zu vermeiden oder zumindest deren Folgen zu mildern.

## Aufgabenstellung

## Vorteile der Erfindung

**[0009]** Durch die Erfindung mit den in den unabhängigen Ansprüchen angegebenen Merkmalen wird eine größere Robustheit des Fahrerassistenzsystems bei Abbiegevorgängen vorausfahrender Fahrzeuge erreicht.

**[0010]** Erfindungsgemäß wird anhand der von der digitalen Karte eines Navigationssystems gelieferten

Informationen über das Straßennetz geprüft, ob in der aktuellen Situation eine Abbiegemöglichkeit besteht, und wenn dies der Fall ist, werden die dynamischen Daten der vorausfahrenden Fahrzeuge, zumindest des Fahrzeugs, das das Zielobjekt für die Abstandsregelung bildet, daraufhin überprüft, ob sie auf einen bevorstehenden Abbiegevorgang des betreffenden Fahrzeugs hindeuten. Aus diesen Daten, insbesondere der Relativgeschwindigkeit, der Verzögerung und der Querbewegung des vorausfahrenden Fahrzeugs, wird ein Parameter berechnet, der die Abbiegewahrscheinlichkeit für das Fahrzeug angibt. Diese Abbiegewahrscheinlichkeit kann dann bei der Interpretation der Verkehrssituation berücksichtigt werden, so daß die Gefahr von Fehlinterpretationen und Fehlreaktionen reduziert wird.

**[0011]** Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

**[0012]** Wenn die Bewegungsdaten vorausfahrender Fahrzeuge zur Kursprädiktion, zur Bestimmung der von dem eigenen Fahrzeug befahrenen Spur einer mehrspurigen Fahrbahn und/oder zur Festlegung der Grenzen des Fahrschlauches herangezogen werden, so lassen sich die Bewegungsdaten der Fahrzeuge, für die eine hohe Abbiegewahrscheinlichkeit besteht, eliminieren oder geringer gewichteten, so daß die "anormalen" Querbewegungen der abbiegenden Fahrzeuge nicht zu einer falschen Bestimmung des Fahrschlauches führen.

**[0013]** Bei einem ACC-System kann darüber hinaus der Fahrschlauch auf der Seite, nach der das vorausfahrende Fahrzeug voraussichtlich abbiegen wird, verengt werden. Dies hat den Vorteil, daß das abbiegende Fahrzeug früher den in dieser Weise verengten Fahrschlauch verlassen wird und dann nicht mehr bei der Abstandsregelung berücksichtigt wird, so daß dann schneller das nächste, nicht abbiegende Fahrzeug als Zielobjekt ausgewählt werden kann oder, falls ein solches Fahrzeug nicht vorhanden ist, wieder auf die vom Fahrer gewählte Wunschgeschwindigkeit beschleunigt werden kann. Hierdurch wird insbesondere auf Landstraßen und im Stadtverkehr eine zügigere, den Verkehrsfluß fördernde Fahrweise erreicht.

**[0014]** Ergänzend oder alternativ kann die Abbiegewahrscheinlichkeit auch in die sogenannte Objektplausibilisierung einfließen. Unter Objektplausibilisierung versteht man den Verarbeitungsschritt, bei dem angesichts der unvermeidlichen Meßungenauigkeiten des Ortungssystems und anhand des prädierten Fahrschlauches eine Wahrscheinlichkeit dafür berechnet wird, daß sich das geortete Objekt innerhalb des Fahrschlauches befindet. Bei hoher Abbiegewahrscheinlichkeit wird dann dieser Plausibilisierungsparameter reduziert, so daß das betreffende Objekt früher als Zielobjekt für die Abstandsregelung

verworfen wird.

**[0015]** Weiterhin kann die Abbiegewahrscheinlichkeit auch zu einer Modifikation der Eintauchstrategie führen, das ist die Strategie, die bestimmt, wie weit bei einer Verzögerung des vorausfahrenden Fahrzeugs der normale Sicherheitsabstand vorübergehend unterschritten werden kann, um unkomfortabel hohe Verzögerungen oder Beschleunigungen des eigenen Fahrzeugs zu vermeiden und den Verkehrsfluß zu "glätten".

**[0016]** Die Berechnung der Abbiegewahrscheinlichkeit beruht vorzugsweise auf einem oder mehreren der nachstehenden Kriterien.

**[0017]** Ein Geschwindigkeitskriterium bewertet, wie stark die Geschwindigkeit des Zielobjekts vom erwarteten Wert abweicht. Dahinter steht die Überlegung, daß ein Fahrzeug, das sich auf einen Abbiegevorgang vorbereitet, normalerweise seine Geschwindigkeit verringern wird und damit langsamer fahren wird, als es üblicherweise in der betreffenden Situation zu erwarten wäre. Die erwartete Geschwindigkeit läßt sich unter verschiedenen Gesichtspunkten bestimmen, beispielsweise unter Berücksichtigung des Straßentyps (Autobahn oder Landstraße), des Verkehrsstatus (z. B. innerhalb oder außerhalb geschlossener Ortschaften), der Historie, d. h. der Geschwindigkeit, mit der das betreffende Fahrzeug in der Vergangenheit gefahren ist, und dem Fahrbahnverlauf. Beispielsweise läßt sich bei gekrümmtem Fahrbahnverlauf ein erwarteter Wert für die Geschwindigkeit bestimmen, indem man davon ausgeht, daß der Fahrer des vorausfahrenden Fahrzeugs so langsam fahren wird, daß ein üblicher Grenzwert für die Quereschleunigung nicht überschritten wird. Aus der bekannten Fahrbahnkrümmung, die sich anhand der Giergeschwindigkeit des eigenen Fahrzeugs und/oder anhand der digitalen Karte des Navigationssystems ermitteln läßt, kann dann die erwartete Geschwindigkeit berechnet werden.

**[0018]** Zweckmäßig wird für jeden der oben genannten Gesichtspunkte zunächst gesondert ein erwarteter Geschwindigkeitswert berechnet, und es wird dann das Minimum dieser Geschwindigkeitswerte gebildet. Wenn die tatsächliche Geschwindigkeit des vorausfahrenden Fahrzeugs, berechnet aus gemessener Relativgeschwindigkeit und Fahrzeugschwindigkeit des eigenen Fahrzeugs, dieses Minimum signifikant unterschreitet und außerdem eine Abbiegemöglichkeit besteht, so kann, auf eine Abbiegeabsicht geschlossen werden.

**[0019]** Bei einem Verzögerungskriterium wird die Verzögerung des vorausfahrenden Fahrzeugs ausgewertet. Einem Abbiegevorgang geht typischerweise eine anhaltende Verzögerung des Fahrzeugs vor-

aus. Ein Maß für die Abbiegewahrscheinlichkeit läßt sich daher gewinnen, indem die Dauer der Zeitspanne gemessen wird, in der die Verzögerung des Fahrzeugs dem Betrage nach oberhalb eines bestimmten Schwellenwertes liegt. Alternativ kann die Verzögerung des vorausfahrenden Fahrzeugs über die Zeit integriert und dann dieses Integral als Maß für die Abbiegewahrscheinlichkeit genommen werden.

**[0020]** Ein weiteres Kriterium beruht auf der gemessenen Querbewegung des vorausfahrenden Fahrzeugs. Die Querposition des vorausfahrenden Fahrzeugs in bezug auf die Längsmittelachse des eigenen Fahrzeugs läßt sich anhand des vom Radarsensor gemessenen Azimutwinkels und des Abstands berechnen. Die Ableitung nach der Zeit liefert dann die Quergeschwindigkeit. Die Querposition und die Quergeschwindigkeit können dabei zum prädizierten Fahrbahnverlauf in Beziehung gesetzt werden. Abhängig vom Abstand zur Kreuzung, Einmündung oder Ausfahrt kann eine signifikant erhöhte Quergeschwindigkeit darauf hindeuten, daß das vorausfahrende Fahrzeug den Abbiegevorgang einleitet oder, soweit vorhanden, auf eine Abbiegespur wechselt. Die Information über den Abstand zur Kreuzung oder gegebenenfalls den Beginn der Abbiegespur läßt sich aus den Daten des Navigationssystems gewinnen.

**[0021]** Jedes der oben genannten Kriterien liefert somit eine spezifische Abbiegewahrscheinlichkeit. In einer zweckmäßigen Ausführungsform wird dann als endgültige Abbiegewahrscheinlichkeit ein gewichteter Mittelwert der spezifischen Abbiegewahrscheinlichkeiten gebildet.

#### Ausführungsbeispiel

##### Zeichnung

**[0022]** Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in den Zeichnungen dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

**[0023]** Es zeigen:

**[0024]** [Fig. 1](#) ein Blockdiagramm eines Fahrerassistenzsystems, das für die Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ausgebildet ist;

**[0025]** [Fig. 2](#) eine Skizze einer Verkehrssituation zur Erläuterung des Verfahrens; und

**[0026]** [Fig. 3](#) ein Flußdiagramm zur Illustration der wesentlichen Verfahrensschritte.

**[0027]** In [Fig. 1](#) ist als Beispiel für ein Fahrerassistenzsystems ein ACC-System **10** dargestellt, dessen grundsätzlicher Aufbau und Wirkungsweise als bekannt vorausgesetzt werden können und deshalb

hier nur kurz skizziert werden.

**[0028]** Ein vorn im Fahrzeug eingebauter winkelauflösender Radarsensor **12** liefert Ortungsdaten (Abstände, Relativgeschwindigkeiten und Azimutwinkel) der georteten Objekte an das ACC-System **10**. Die Meßdaten werden zyklisch, beispielsweise in Abständen von etwa 1 ms aktualisiert. In einem Tracking-Modul **14** werden jeweils die aktuellen Meßdaten mit den Meßdaten aus vorangegangene Meßzyklen abgeglichen, so daß die Bewegungen der einzelnen Objekte verfolgt werden können.

**[0029]** Ein Kursprädiktionsmodul **16** dient zur Abschätzung des voraussichtlichen Kurses des eigenen Fahrzeugs. Hierzu wird im einfachsten Fall nur die Giergeschwindigkeit  $\omega$  des eigenen Fahrzeugs ausgewertet, die mit Hilfe eines Gierratensensors **18** gemessen wird und in Verbindung mit der Fahrgeschwindigkeit des eigenen Fahrzeugs eine Bestimmung der Fahrbahnkrümmung in dem gerade vom eigenen Fahrzeug durchfahrenen Fahrbahnabschnitt ermöglicht.

**[0030]** Im gezeigten Beispiel werden bei der Kursprädiktion zusätzlich die Daten des Trackingmoduls **14** ausgewertet. Der Radarsensor **12** reagiert nicht nur auf vorausfahrende Fahrzeuge, sondern auch auf stehende Objekte sowie auf Gegenverkehr. Die vorausfahrenden Fahrzeuge lassen sich jedoch anhand der Beziehung zwischen ihrer Relativgeschwindigkeit und der Fahrgeschwindigkeit des eigenen Fahrzeugs identifizieren. Wenn ein oder mehrere vorausfahrende Fahrzeuge geortet werden, so läßt sich eine bevorstehende Kurve bereits daran erkennen, daß die vorausfahrenden Fahrzeuge als Kollektiv eine Querbewegung ausführen, auch wenn das eigene Fahrzeug noch nicht in die Kurve eingefahren ist und somit die Gierrate  $\omega$  noch praktisch gleich null ist.

**[0031]** Anhand des prädizierten Kurses wird dann in einem Fahrschlauchmodul **20** ein Fahrschlauch bestimmt, innerhalb dessen sich diejenigen Fahrzeuge befinden müssen, die als Zielobjekt für die Abstandsregelung in Frage kommen. Im einfachsten Fall handelt es sich bei diesem Fahrschlauch um einen Streifen mit einer gewissen Standardbreite, der dem prädizierten Kurs folgt. Anhand der Daten des Trackingmoduls **14** läßt sich jedoch auch erkennen, wie viele Spuren die von dem eigenen Fahrzeug befahrene Fahrbahn hat und auf welcher dieser Spuren sich das eigene Fahrzeug befindet. Beispielsweise kann zu diesem Zweck geprüft werden, ob vorausfahrende Fahrzeuge vorhanden sind, die über einen längeren Zeitraum einen Querversatz zum eigenen Fahrzeug aufweisen, der etwa einer üblichen Spurbreite entspricht. Ebenso kann ausgewertet werden, wie oft das eigene Fahrzeug überholt wurde oder wie oft es seinerseits Fahrzeuge auf der rechten Nebenspur

überholt hat. Abhängig von der so erkannten Anzahl der Fahrspuren und abhängig davon, auf welcher Spur sich das eigene Fahrzeug befindet, wird dann gegebenenfalls der Fahrschlauch einseitig oder beidseitig erweitert oder verengt.

**[0032]** In einem Plausibilisierungsmodul **22** werden dann die georteten und im Trackingmodul **14** verfolgten Objekte plausibilisiert, d. h., für jedes Objekt wird eine Wahrscheinlichkeit dafür angegeben, daß es sich innerhalb des Fahrschlauches befindet. Dabei wird berücksichtigt, daß die Ortungsdaten, insbesondere die Querpositionsdaten, gewisse Fehlertoleranzen aufweisen, die mit zunehmendem Objektstand größer werden. Wenn die Wahrscheinlichkeit dafür, daß sich das Objekt innerhalb des Fahrschlauches befindet, oberhalb eines bestimmten Schwellenwertes liegt, wird das Objekt "plausibilisiert", d. h., es wird als ein relevantes Objekt behandelt, das sich auf der eigenen Fahrspur befindet. Unter den so plausibilisierten Objekten wird dann schließlich dasjenige mit dem kleinsten Abstand als Zielobjekt für die Abstandsregelung ausgewählt.

**[0033]** In einem Regelmodul **24** erfolgt anhand der Ortungsdaten des Zielobjekts die eigentliche Abstandsregelung durch Eingriff in das Antriebssystem und erforderlichenfalls auch das Bremssystem des Fahrzeugs, so daß das Zielobjekt mit einer vom Fahrer innerhalb gewisser Grenzen wählbaren Zeitlücke verfolgt wird. In dem Regelalgorithmus ist üblicherweise eine Eintauchstrategie implementiert, die es zuläßt, daß beispielsweise bei einem Bremsmanöver des Zielobjekts das eigene Fahrzeug nicht sofort und nicht in gleichem Ausmaß gebremst wird, sondern vorübergehend in den durch die Zeitlücke bestimmten Soll-Sicherheitsabstand eintaucht.

**[0034]** Das hier beschriebene ACC-System **10** weist eine Schnittstelle zu einem Navigationssystem **26** des Fahrzeugs auf. Dieses Navigationssystem enthält eine in digitaler Form gespeicherte Straßenkarte und ermittelt mit Hilfe eines GPS-Systems (Global Positioning System) die aktuelle Position des eigenen Fahrzeugs, so daß im ACC-System auch Informationen über den Straßentyp (Autobahn oder Landstraße) sowie über bevorstehende Ausfahrten, Kreuzungen, Einmündungen, Kurven und dergleichen zur Verfügung stehen. Wie in [Fig. 1](#) durch einen gestrichelten Pfeil angedeutet wird, können die Daten des Navigationssystems **26** auch zur Kursprädiktion im Kursprädiktionsmodul **16** herangezogen werden. Dennoch ist es zweckmäßig, zur Kursprädiktion auch die Ortungsdaten des Kollektivs der georteten Fahrzeuge heranzuziehen, da das Navigationssystem die Fahrbahnkrümmung und die Position des eigenen Fahrzeugs nur mit begrenzter Genauigkeit angibt und durch Fusion mit den Daten des Trackingmoduls **14** die Genauigkeit und Verlässlichkeit der Kursprädiktion verbessert werden kann.

**[0035]** Erfindungsgemäß weist das ACC-System **10** ein Erkennungsmodul **28** zur Erkennung von Abbiegevorgängen auf. Anhand der Daten des Navigationssystems **26** wird im Erkennungsmodul **28** zunächst geprüft, ob und in welchem Abstand eine Abbiegemöglichkeit besteht. Wenn sich das eigene Fahrzeug kurz vor einer Autobahnausfahrt, einer Einmündung oder Kreuzung befindet, so wertet das Erkennungsmodul **28** die vom Trackingmodul **14** gelieferten Ortungsdaten der vorausfahrenden Fahrzeuge daraufhin aus, ob das Bewegungsmuster eines dieser Fahrzeuge, insbesondere das des verfolgten Zielobjekts, auf einen bevorstehenden Abbiegevorgang hindeutet. Der Auswertalgorithmus wird später im Zusammenhang mit [Fig. 3](#) näher erläutert werden. Das Ergebnis der Auswertung ist eine bestimmte Abbiegewahrscheinlichkeit. Im Prinzip kann eine solche Abbiegewahrscheinlichkeit für jedes geortete Fahrzeug berechnet werden. Der Einfachheit halber soll hier jedoch angenommen werden, daß nur die Abbiegewahrscheinlichkeit für das Zielobjekt berechnet wird.

**[0036]** Diese Abbiegewahrscheinlichkeit kann zum einen im Kursprädiktionsmodul **16** dazu benutzt werden, die Auswertung der Querbewegungen des Kollektivs der georteten Fahrzeuge zu modifizieren. Wenn die Abbiegewahrscheinlichkeit oberhalb eines bestimmten Schwellenwertes liegt, wird das betreffende Objekt aus dem betrachteten Kollektiv eliminiert, so daß die Kursprädiktion nicht durch das abbiegende Fahrzeug verfälscht wird. Alternativ kann das Gewicht, mit dem das Zielobjekt in die Querbewegung des Kollektivs einfließt, entsprechend der Abbiegewahrscheinlichkeit reduziert werden. Auf diese Weise wird in Gegenwart von abbiegenden Fahrzeugen die Genauigkeit der Kursprädiktion verbessert.

**[0037]** Auf analoge Weise wird die Abbiegewahrscheinlichkeit auch im Fahrschlauchmodul **20** ausgewertet, nämlich bei der Bestimmung der Anzahl der Fahrspuren und bei der Bestimmung der Spur, auf der das eigene Fahrzeug fährt. So kann z. B., wenn das Zielobjekt auf eine Abbiegespur ausschert, verhindert werden, daß im Fahrschlauchmodul **20** fälschlich angenommen wird, es sei eine zusätzliche Nebenspur vorhanden. Da das Fahrschlauchmodul **20** die Ortungsdaten der Objekte einer statistischen Auswertung unterzieht und sich dabei auch noch an relativ lange zurückliegende Ereignisse "erinnert", läßt sich so insbesondere verhindern, daß das Fahrschlauchmodul fälschlich von der Existenz einer Nebenspur ausgeht, wenn das eigene Fahrzeug die Kreuzung längst passiert hat und keine Abbiegespur mehr vorhanden ist.

**[0038]** Andererseits kann die Abbiegewahrscheinlichkeit im Fahrschlauchmodul **20** auch unmittelbar Einfluß auf die Konfiguration des Fahrschlauches ha-

ben, wie später im Zusammenhang mit [Fig. 2](#) noch näher erläutert werden wird.

**[0039]** Weiterhin kann die Abbiegewahrscheinlichkeit im Plausibilisierungsmodul **22** bei der Zielobjekt-plausibilisierung und -auswahl berücksichtigt werden, mit dem Ergebnis, daß das abbiegende Fahrzeug nicht unnötig lange als Zielobjekt behandelt wird, sondern rasch auf ein neues Zielobjekt oder auf Freifahrt (Regelung auf die Wunschgeschwindigkeit) umgeschaltet wird.

**[0040]** Schließlich beeinflusst die Abbiegewahrscheinlichkeit im gezeigten Beispiel auch die Eintauchstrategie im Regelmodul **24**. Wenn mit hinreichender Sicherheit feststeht, daß das bisherige Zielobjekt abbiegen wird, ist ein tieferes Eintauchen in den Sicherheitsabstand akzeptabel und angemessen.

**[0041]** Es versteht sich, daß die Erkennung von Abbiegevorgängen im Erkennungsmodul **28** noch erheblich verbessert werden kann, wenn das Fahrzeug zusätzlich mit einem Videosystem ausgerüstet und somit in der Lage ist, den Fahrtrichtungsanzeiger (Blinker) des vorausfahrenden Fahrzeugs zu erkennen. Auch in dem Fall ist jedoch die Auswertung der vom Trackingmodul **14** gelieferten Ortungsdaten im Erkennungsmodul **28** sinnvoll, weil dadurch eine größere Verlässlichkeit und Sicherheit bei der Bewertung der Abbiegewahrscheinlichkeit erreicht wird.

**[0042]** [Fig. 2](#) illustriert eine Situation, in der ein mit dem ACC-System **10** nach [Fig. 1](#) ausgerüstetes Fahrzeug **30** auf einer Landstraße oder städtischen Straße **32** mit nur einer Spur je Fahrtrichtung fährt und ein vorausfahrendes Fahrzeug **34** als Zielobjekt verfolgt. Die beiden Fahrzeuge nähern sich gerade einer Kreuzung **36**, an der eine Abbiegemöglichkeit besteht. Das Fahrzeug **34** hat seine Geschwindigkeit verringert und ist im Begriff, auf eine Abbiegespur **38** auszuscheren. Das Erkennungsmodul **28** ist anhand der Daten des Navigationssystems **26** über die Abbiegemöglichkeit informiert und erkennt anhand des Bewegungsmusters des Fahrzeugs **34**, daß dieses Fahrzeug voraussichtlich abbiegen wird.

**[0043]** In gestrichelten Linien ist in [Fig. 2](#) ein Fahrschlauch **40** eingezeichnet, der im Fahrschlauchmodul **20** bestimmt wurde. Da das Fahrschlauchmodul erkannt hat, daß die Straße **32** nur eine Spur je Fahrtrichtung hat, ist der Fahrschlauch **40** symmetrisch zu Längsachse des Fahrzeugs **30** erweitert, so daß Zielobjekte auch noch auf kurvenreichen Strecken sicher verfolgt werden können. Da jedoch nun vom Erkennungsmodul **28** eine hohe Abbiegewahrscheinlichkeit für das Fahrzeug **34** erkannt wird, geht das Fahrschlauchmodul **20** zu einem einseitig, nämlich auf der rechten Seite, verengten Fahrschlauch **42** über, dessen rechte Grenze nur noch knapp außerhalb der

vom eigenen Fahrzeug **30** befahrenen Spur liegt. Dies hat die vorteilhafte Wirkung, daß das Fahrzeug **34** im Plausibilisierungsmodul **22** nicht mehr als Zielobjekt behandelt wird, sobald es den Wechsel auf die Abbiegespur **38** vollzogen hat. Das eigene Fahrzeug **30** kann daher ohne unnötigen Zeitverzug wieder auf die Wunschgeschwindigkeit beschleunigen und dabei gegebenenfalls noch das Fahrzeug **34** überholen, bevor dieses endgültig abgelenkt ist.

**[0044]** Ein solcher Überholvorgang (ohne vorausgegangenen Spurwechsel des eigenen Fahrzeugs **30**) würde normalerweise vom Fahrschlauchmodul **20** so interpretiert, als befinde sich das eigene Fahrzeug **30** nunmehr auf der linken Spur einer zweispurigen Fahrbahn. Dies hätte zur Folge, daß das Fahrschlauchmodul den verengten Fahrschlauch **42** auch dann beibehält, wenn die Kreuzung **36** längst passiert wurde. Da hier jedoch durch das Erkennungsmodul **28** erkannt wurde, daß das Fahrzeug **34** abbiegt, "weiß" das Fahrschlauchmodul **20**, daß es sich bei der vermeintlichen Nebenspur um eine Abbiegespur handelt, und es kehrt deshalb nach Passieren der Kreuzung **36** wieder zu dem symmetrischen Fahrschlauch **40** zurück. Die vom Radarsensor **12** erkannte Querbewegung des Fahrzeugs **34** führt auch nicht dazu, daß in dem Kursprädiktionsmodul **16** fälschlich eine bevorstehende Rechtskurve der Straße **32** angenommen wird und dann der Fahrschlauch entsprechend gekrümmt wird.

**[0045]** In [Fig. 3](#) illustriert als Flußdiagramm eine Prozedur, die periodisch im Erkennungsmodul **28** ausgeführt wird, um einen bevorstehenden Abbiegevorgang des verfolgten Zielobjekts zu erkennen und eine Abbiegewahrscheinlichkeit zu berechnen.

**[0046]** In Schritt S1 wird anhand der Daten des Navigationssystems **26** geprüft, ob in dem unmittelbar vorausliegenden Streckenabschnitt eine Abbiegemöglichkeit besteht. Wenn dies nicht der Fall ist, wird der Schritt S1 periodisch wiederholt, so lange, bis eine Abbiegemöglichkeit erkannt wird.

**[0047]** Wenn eine Abbiegemöglichkeit besteht, werden in Schritt S2 die folgenden Daten gelesen: der Straßentyp, der z. B. angibt, ob es sich bei der vom eigenen Fahrzeug befahrenen Straße um eine Autobahn oder eine einspurige Landstraße handelt, der aktuelle Verkehrsstatus, z. B. innerhalb oder außerhalb einer geschlossenen Ortschaft, die Historie, d. h. der zeitliche Verlauf der Absolutgeschwindigkeit  $v$  des verfolgten Zielobjekts, und die Fahrbahnkrümmung am Ort des Zielobjekts.

**[0048]** Die Information über den Straßentyp liefert das Navigationssystem **26** und/oder das Fahrschlauchmodul **20**. Die Information über den Verkehrsstatus liefert das Navigationssystem **26**. Die Absolutgeschwindigkeit  $v(t)$ , die das Zielobjekt in der

jüngerer Vergangenheit hatte, ergibt sich aus der vom Trackingmodul **14** gemeldeten Relativgeschwindigkeit in Verbindung mit der Fahrgeschwindigkeit des eigenen Fahrzeugs. Die Fahrbahnkrümmung läßt sich aus den Daten des Navigationssystems **26** und/oder (näherungsweise) aus den Daten des Giergeschwindigkeitssensors **18** bestimmen.

**[0049]** In Schritt S3 wird dann jeder der in Schritt S2 gelesenen Größen ein spezifischer Schätzwert für die Geschwindigkeit (Absolutgeschwindigkeit) zugeordnet, die für das Zielobjekt zu erwarten wären, wenn es nicht abbiegen würde. Für den Straßentyp "Landstraße" wäre dies in Deutschland beispielsweise eine Geschwindigkeit von 100 km/h, für Autobahnen die im betreffenden Einsatzgebiet zugelassene Höchstgeschwindigkeit auf Autobahnen (in Deutschland also unendlich). Die jeweils geltenden Höchstgeschwindigkeiten können anhand der vom Navigationssystem gelieferten Positionsdaten in einer Ländertabelle nachgeschlagen werden. Entsprechend wäre dem Verkehrsstatus "geschlossene Ortschaft" in Deutschland ein Schätzwert von 50 km/h zugeordnet. Sofern es sich bei den Navigationssystemen **26** um ein fortgeschrittenes System handelt, das auch die auf Landstraßen oder Autobahnen im jeweiligen Streckenabschnitt bestehenden Höchstgeschwindigkeiten angibt, wird der Größe "Verkehrsstatus" die jeweilige Höchstgeschwindigkeit zugeordnet.

**[0050]** Der Größe  $v(t)$  wird z.B. ein Schätzwert zugeordnet, der dem zeitlichen Mittel der vom Zielobjekt in der letzten Zeit gefahrenen Geschwindigkeit entspricht. Die Größe "Fahrbahnkrümmung" trägt dem Umstand Rechnung, daß das Zielobjekt vor und in Kurven langsamer fahren wird als auf gerader Strecke. Dabei wird davon ausgegangen, daß die Geschwindigkeit so weit reduziert wird, daß die aufgrund der Fahrbahnkrümmung entstehende Querbeschleunigung einen üblichen Grenzwert nicht überschreitet. Gegebenenfalls kann dabei auch auf die "Historie" der Geschwindigkeitsdaten zurückgegriffen werden, so daß der Grenzwert für die Querbeschleunigung an das bisherige Verhalten des Fahrers des vorausfahrenden Fahrzeugs angepaßt werden kann. Aus dem angenommenen Grenzwert für die Querbeschleunigung und der aktuellen Fahrbahnkrümmung wird dann der Schätzwert für die Geschwindigkeit so berechnet, daß die Querbeschleunigung gerade dem Grenzwert entspricht.

**[0051]** Das Minimum der auf diese Weise erhaltenen vier Schätzwerte für die Geschwindigkeit bildet dann die erwartete Geschwindigkeit  $v_{EX}$ . Aus der Differenz zwischen der erwarteten Geschwindigkeit  $v_{EX}$  und der aktuellen Geschwindigkeit  $v$  des Zielobjekts wird dann gemäß einer fest vorgegebenen Funktion (Funktionsvorschrift oder Tabelle) eine spezifische Abbiegewahrscheinlichkeit  $Q_v$  berechnet. Je weiter die tatsächliche Geschwindigkeit unter

$v_{EX}$  liegt, desto größer ist die Abbiegewahrscheinlichkeit.

**[0052]** In Schritt S4 wird eine weitere spezifische Abbiegewahrscheinlichkeit  $Q_a$  auf der Grundlage des Verzögerungsverhaltens des Zielobjekts berechnet. Dazu wird zunächst aus den gemessenen Absolutgeschwindigkeiten des Zielobjekts mit einer geeigneten Zeitkonstanten ein Mittelwert  $a_{AVE}$  für die Verzögerung (negative Beschleunigung) des Zielobjekts berechnet. Wenn der Betrag dieser mittleren Verzögerung einen bestimmten Schwellenwert überschreitet, wird ein Zeitgeber gestartet, und in den aufeinanderfolgenden Durchlaufzyklen der in [Fig. 3](#) gezeigten Routine wird dann fortlaufend die Zeit  $t_{DEC}$  gemessen, während der die mittlere Beschleunigung  $a_{AVE}$  oberhalb des Schwellenwertes bleibt. Die spezifische Abbiegewahrscheinlichkeit  $Q_a$  ist dann eine monoton wachsende Funktion von  $t_{DEC}$ , d. h., die Abbiegewahrscheinlichkeit ist um so größer, je länger die Verzögerung des Zielobjekts andauert.

**[0053]** In Schritt S5 wird noch eine weitere spezifische Abbiegewahrscheinlichkeit  $Q_Y$  auf der Grundlage der Querbewegungen des Zielobjekts berechnet. Dazu wird zunächst die Quergeschwindigkeit  $v_Y$  des Zielobjekts gemessen, und die Abbiegewahrscheinlichkeit  $Q_Y$  ist dann eine monoton wachsende Funktion dieser Quergeschwindigkeit, d. h., die Abbiegewahrscheinlichkeit ist um so größer, je schneller sich das Zielobjekt zur Seite bewegt. Gemäß einer Verfeinerung kann hier berücksichtigt werden, wie weit das Zielobjekt noch von der Abbiegemöglichkeit oder, sofern die Daten des Navigationssystems das Vorhandensein einer Abbiege- oder Verzögerungsspur anzeigen, vom Beginn dieser Verzögerungsspur entfernt ist.

**[0054]** In Schritt S6 wird dann schließlich aus den spezifischen Abbiegewahrscheinlichkeiten  $Q_v$ ,  $Q_a$  und  $Q_Y$ , die in Schritten S3 bis S5 berechnet wurden, eine endgültige Abbiegewahrscheinlichkeit  $Q$  berechnet, indem ein gewichteter Mittelwert der spezifischen Abbiegewahrscheinlichkeiten mit Gewichtungsfaktoren  $W_v$ ,  $W_a$  und  $W_Y$  gebildet wird.

## Patentansprüche

1. Verfahren für ein Fahrerassistenzsystem (**10**) eines Kraftfahrzeugs (**30**), gekennzeichnet durch die folgenden Schritte:

- Prüfen, ob eine Abbiegemöglichkeit (**36**) besteht, anhand einer digitalen Karte eines Navigationssystems (**26**) und
- wenn eine Abbiegemöglichkeit besteht, Auswerten der von einem Ortungssystem (**12**) gemessenen dynamischen Daten eines vorausfahrenden Fahrzeugs (**34**) und Berechnen einer Abbiegewahrscheinlichkeit ( $Q$ ) für das vorausfahrende Fahrzeug anhand dieser Daten.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Abbiegewahrscheinlichkeit (Q) eine Kombination mehrere spezifischer Abbiegewahrscheinlichkeiten (Q\_v, Q\_a, Q\_Y) ist, die jeweils anhand unterschiedlicher Kriterien bestimmt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß eine der spezifischen Abbiegewahrscheinlichkeiten (Q\_v) eine Funktion der Differenz zwischen der tatsächlichen Geschwindigkeit (v) des vorausfahrenden Fahrzeugs und eine erwarteten Geschwindigkeit (v\_EX) dieses Fahrzeugs ist, die für ein nicht abbiegendes Fahrzeug zu erwarten wäre.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die erwartete Geschwindigkeit (v\_EX) das Minimum von zwei oder mehr Schätzwerten ist, die jeweils anhand eines der folgenden Parameter bestimmt werden: Straßentyp, Verkehrsstatus (z. B. geschlossene Ortschaft, bestehende Geschwindigkeitsbeschränkung), bisherige Geschwindigkeit des vorausfahrenden Fahrzeugs, Fahrbahnkrümmung.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß eine der spezifischen Abbiegewahrscheinlichkeiten (Q\_a) anhand der gemessenen Verzögerung des vorausfahrenden Fahrzeugs (34) berechnet wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß eine der spezifischen Abbiegewahrscheinlichkeiten (v\_Q) anhand der gemessenen Querbewegung des vorausfahrenden Fahrzeugs (34) berechnet wird.

7. Fahrerassistenzsystem für Kraftfahrzeuge, dadurch gekennzeichnet, daß es zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 6 ausgebildet ist.

8. Fahrerassistenzsystem nach Anspruch 7, gekennzeichnet durch ein Prädiktionsmodul (16) zur Berechnung des voraussichtlichen Kurses des eigenen Fahrzeugs (30) unter Berücksichtigung der Ortungsdaten eines oder mehrerer vorausfahrender Fahrzeuge (34), welches Prädiktionsmodul (16) dazu ausgebildet ist, Ortungsdaten von vorausfahrenden Fahrzeugen, für die eine hohe Abbiegewahrscheinlichkeit besteht, bei der Kursprädiktion unberücksichtigt zu lassen oder geringer zu gewichten.

9. Fahrerassistenzsystem nach Anspruch 6 oder 7, gekennzeichnet durch ein Fahrschlauchmodul (20), das dazu ausgebildet ist, unter Berücksichtigung der Ortungsdaten eines oder mehrerer vorausfahrender Fahrzeuge (34) zu erkennen, wieviele Fahrspuren die derzeit befahrene Richtungsfahrbahn aufweist und/oder auf welcher Fahrspur sich das eigene Fahrzeug (30) befindet, und in Abhängigkeit davon die Konfiguration eines Fahrschlauches (40, 42)

zu bestimmen, und das weiterhin dazu ausgebildet ist, bei der Bestimmung der Anzahl der Fahrspuren und/oder der von dem eigenen Fahrzeug (30) befahrenen Spur diejenigen vorausfahrenden Fahrzeuge unberücksichtigt zu lassen oder geringer zu gewichten, für die eine hohe Abbiegewahrscheinlichkeit besteht.

10. Fahrerassistenzsystem nach einem der Ansprüche 6 bis 8, mit einem Abstands- und Geschwindigkeitsregelmodul (24) zur Regelung des Abstands zu einem als Zielobjekt verfolgten vorausfahrenden Fahrzeug (34), das sich innerhalb eines von einem Fahrschlauchmodul (20) festgelegten Fahrschlauches (40, 42) befindet, dadurch gekennzeichnet, daß das Fahrschlauchmodul (20) dazu ausgebildet ist, die Konfiguration des Fahrschlauches (40, 42) in Abhängigkeit von der Abbiegewahrscheinlichkeit des Zielobjekts (34) zu variieren.

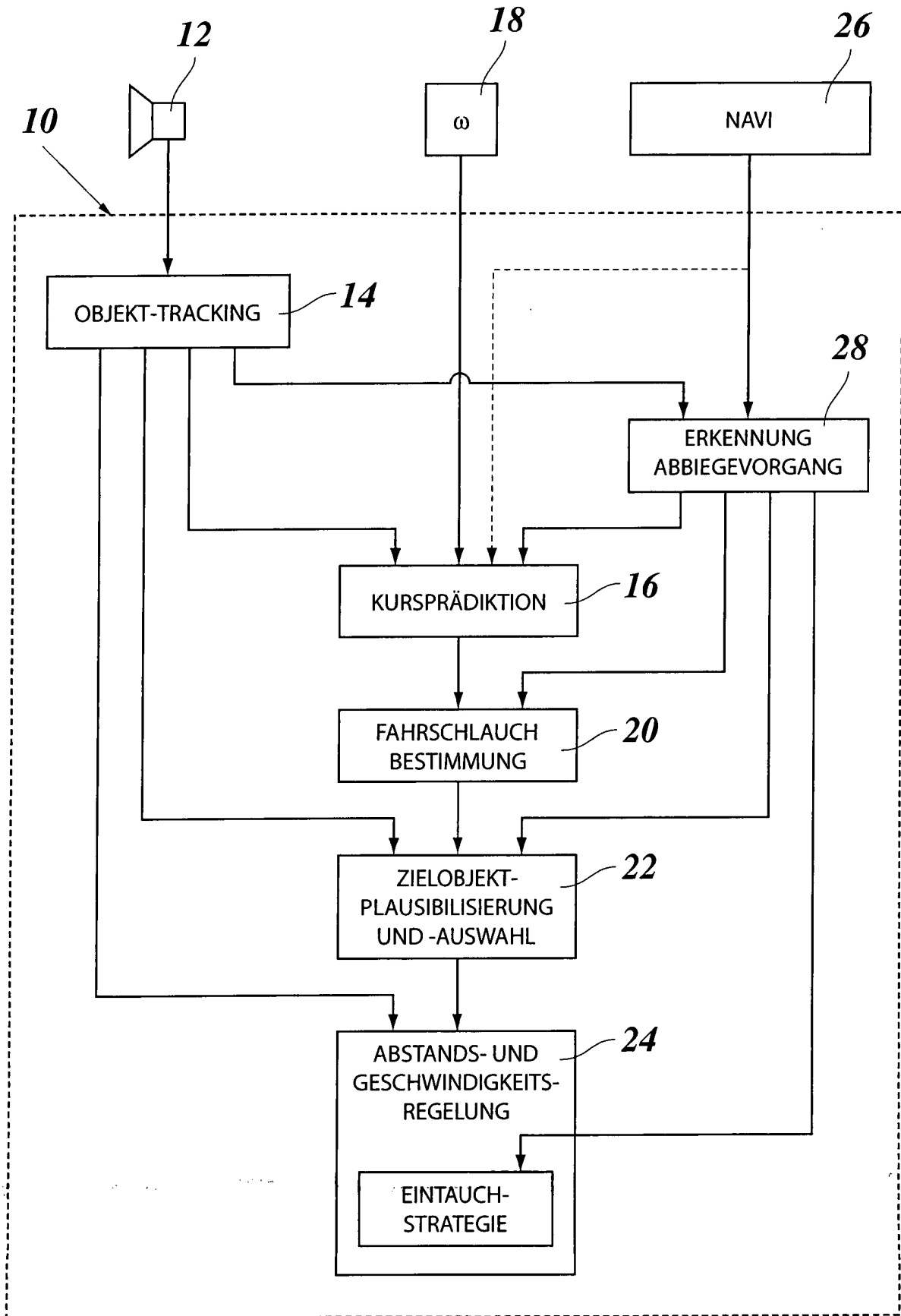
11. Fahrerassistenzsystem nach einem der Ansprüche 6 bis 9, mit einem Abstands- und Geschwindigkeitsregelmodul (24) zur Regelung des Abstand zu einem als Zielobjekt verfolgten vorausfahrenden Fahrzeug (34) und einem Plausibilisierungsmodul (22) zur Bestimmung eines Plausibilisierungsparameters, der die Wahrscheinlichkeit angibt, mit der sich ein als Zielobjekt verfolgtes vorausfahrendes Fahrzeug (34) innerhalb eines von einem Fahrschlauchmodul (20) bestimmten Fahrschlauches (40, 42) befindet, dadurch gekennzeichnet, daß das Plausibilisierungsmodul (22) dazu ausgebildet ist, den Plausibilisierungsparameter in Abhängigkeit von der Abbiegewahrscheinlichkeit des Zielobjekts zu variieren.

12. Fahrerassistenzsystem nach einem der Ansprüche 6 bis 10, mit einem Abstands- und Regelmodul (24) zur Regelung des Abstands zu einem als Zielobjekt verfolgten vorausfahrenden Fahrzeug (34), in dem eine Eintauchstrategie implementiert ist, die bestimmt, wie weit ein vorgegebener Sicherheitsabstand zum Zielobjekt (34) bei einer Verzögerung des Zielobjekts vorübergehend unterschritten werden darf, dadurch gekennzeichnet, daß das Abstands- und Regelmodul (24) dazu ausgebildet ist, die Eintauchstrategie in Abhängigkeit von der Abbiegewahrscheinlichkeit des Zielobjekts (34) zu variieren.

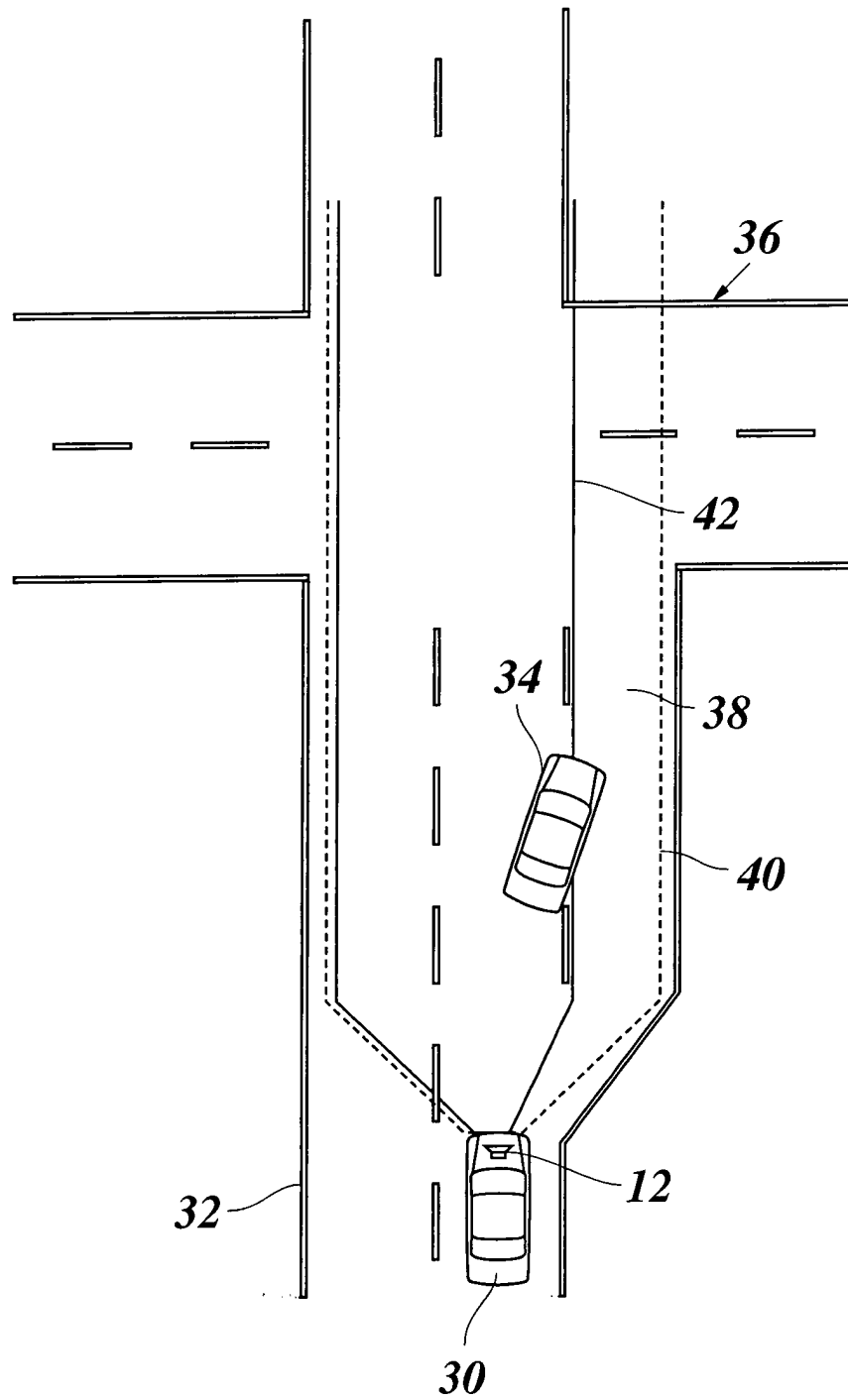
Es folgen 3 Blatt Zeichnungen



**Fig. 1**



*Fig. 2*



**Fig. 3**

