



(10) **DE 10 2012 214 206 A1** 2014.02.13

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2012 214 206.1**  
(22) Anmeldetag: **09.08.2012**  
(43) Offenlegungstag: **13.02.2014**

(51) Int Cl.: **B60W 30/165 (2012.01)**  
**B60W 30/12 (2006.01)**  
**B60W 40/072 (2012.01)**

(71) Anmelder:  
**Bayerische Motoren Werke Aktiengesellschaft,  
80809, München, DE**

(72) Erfinder:  
**Schiehlen, Joachim, Dr.-Ing., 82110, Germering,  
DE; Bogner, Andreas, Dr., 80807, München, DE;  
De Bruin, Dirk, Dr., 80939, München, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

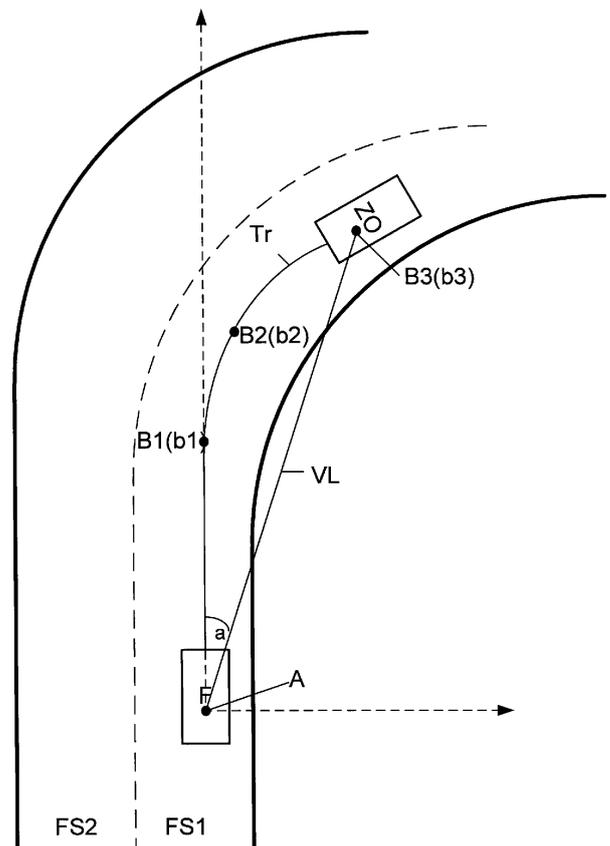
**DE 10 2005 002 719 A1**  
**DE 10 2006 058 412 A1**  
**DE 10 2009 050 399 A1**  
**DE 10 2010 021 591 A1**

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

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

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Krümmungserkennung eines Fahrspurverlaufs während einer vollautomatischen Fahrzeugführung**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Krümmungserkennung eines Fahrspurverlaufs während des Betriebs eines vollautomatischen, zur fahrerunabhängigen Fahrzeugführung ausgebildeten Fahrerassistenzsystems mittels einer Steuereinheit, die bei Betrieb dieses Fahrerassistenzsystems bei einer ermittelten, kleineren aktuellen oder zukünftigen Fahrspurkrümmung als einer vorgegebenen maximal erlaubten Fahrspurkrümmung eine Antriebseinheit und/oder Bremsseinheit derart ansteuert, dass das Kraftfahrzeug einen vorgegebenen Abstand zu einem als Zielobjekt detektierten Vorderfahrzeug einhält, und das die Aktuatorik eines Lenksystems derart ansteuert, dass das Kraftfahrzeug innerhalb der erkannten, eigenen Fahrspur gehalten wird. Erfindungsgemäß wird die zukünftige Fahrspurkrümmung in Abhängigkeit von positionsabhängigen Daten des als Zielobjekt detektierten Vorderfahrzeugs ermittelt.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Krümmungserkennung eines Fahrspurverlaufs während einer vollautomatischen, fahrerunabhängigen Fahrzeugführung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

**[0002]** Derzeit sind bereits bei vielen Fahrzeugherstellern vollautomatische, zur fahrerunabhängigen Fahrzeugführung ausgebildete Fahrerassistenzsysteme in der Entwicklung, die den Fahrer bei bestimmten Verkehrssituationen von der Fahraufgabe entlasten sollen, indem die Fahraufgabe vollständig automatisch übernommen wird. Als Beispiel ist ein sog. Stauassistent zu nennen, der bei Stausituationen auf Autobahnen zum Einsatz kommen kann. Dabei wird unterhalb einer vorgegebenen Grenzgeschwindigkeit von z. B. 60 km/h sowohl die Längsführung (analog einer abstandsbezogenen bzw. aktiven Geschwindigkeitsregelung), als auch die Querführung zum Halten des Fahrzeugs innerhalb der Fahrspur automatisch vorgenommen. In einer besonderen Ausgestaltungsform von solchen Stauassistenten soll sogar zugelassen werden, dass der Fahrer zumindest für eine bestimmte Zeit seine Hände vom Lenkrad nehmen darf.

**[0003]** Derartige vollautomatische, zur fahrerunabhängigen Fahrzeugführung ausgebildete Fahrerassistenzsysteme erfordern hohe Sicherheitsanforderungen, da bei einem Fehlerfall hohe Risiken sowohl für den Fahrer, als auch für die anderen Verkehrsteilnehmer entstehen könnten.

**[0004]** Aus der DE 10 2010 021 591 A1 ist bereits ein Verfahren zum Betreiben eines derartigen Fahrerassistenzsystems bekannt, wobei mittels eines Plausibilitätsüberwachungsmoduls kontinuierlich überprüft wird, ob ein Fehlerfall vorliegt. Als Fehlerfall sind verschiedene Situationen definiert, wie z. B. dass das Fahrzeug zu schnell oder rückwärts fährt, dass ein bestimmter Mindestabstand zu einem vorausfahrenden Fahrzeug unterschritten wird und/oder dass das Fahrzeug die Spur verlässt. Wird ein solcher Fehlerfall erkannt, wird wenigstens ein zur Überführung des Kraftfahrzeugs in einen sicheren Zustand dienender Fahreingriff ausgeführt.

**[0005]** Weiter dürfen derartige Fahrerassistenzsysteme – teilweise aufgrund von Gesetzesvorschriften – den Fahrer nur innerhalb gewisser Rahmenbedingungen unterstützen. So kann ein derartiges Fahrerassistenzsystem die Fahraufgabe nur bis zu einer maximal erlaubten Krümmung vornehmen. Weist die zu befahrene Fahrspur eine größere als die maximal erlaubte Krümmung auf, kann die automatische Fahrzeugführung (aus Sicherheitsgründen) nicht weiter fortgesetzt werden. Problematisch ist hierbei, wenn die zu große Krümmung erst sehr spät erkannt wird,

da es dann aufgrund der nicht weiter fortsetzbaren vollautomatischen Fahrzeugführung zu Risiken für den Fahrer und/oder die anderen Verkehrsteilnehmer kommen kann.

**[0006]** Aufgabe der Erfindung ist nun, ein im Hinblick auf ein frühzeitiges Erkennen einer zukünftigen (zu großen) Fahrspurkrümmung verbessertes Verfahren zum Betreiben eines Kraftfahrzeugs während des Betriebs eines vollautomatischen, zur fahrerunabhängigen Fahrzeugführung ausgebildeten Fahrerassistenzsystems anzugeben.

**[0007]** Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren nach Patentanspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

**[0008]** Prinzipiell wird bei der Erfindung von einem Verfahren zum Betreiben eines Kraftfahrzeugs bzw. eines zur Krümmungserkennung eines Fahrspurverlaufs während des Betriebs eines vollautomatischen, zur fahrerunabhängigen Fahrzeugführung ausgebildeten Fahrerassistenzsystems ausgegangen. Derartige Fahrerassistenzsysteme sind derart ausgestaltet, dass sie bei Vorliegen vorgegebener Rahmenbedingungen – bspw. bei einer Autobahnfahrt und bei einer Geschwindigkeit, die unterhalb einer vorgegebenen Grenzgeschwindigkeit liegt – mittels eines oder mehrerer Steuergeräte die Aktuatorik eines (elektrisch betriebenen) Lenksystems und/oder die Aktuatorik eines Antriebssystems und/oder Bremsystems derart ansteuern, dass das Fahrzeug innerhalb der erkannten eigenen Fahrspur und unter Berücksichtigung eines vorausfahrenden Fahrzeugs bzw. eines als Zielobjekt detektierten Vorderfahrzeugs und ggf. weiterer Verkehrsteilnehmer geführt bzw. innerhalb der Fahrspur gehalten wird. Die Längsführung kann dabei in analoger Weise der Längsführung einer abstandsbezogenen Geschwindigkeitsregelung (ACC) erfolgen. Eine weitere wesentliche Rahmenbedingung stellt die ermittelte Fahrspurkrümmung dar. Diese ermittelte aktuelle oder zukünftige Fahrspurkrümmung muss kleiner als eine vorgegebene maximal erlaubte Fahrspurkrümmung sein, um das Kraftfahrzeug fahrerunabhängig zu führen.

**[0009]** Grundgedanke der Erfindung ist nun, eine Möglichkeit bzw. Verfahren anzugeben, durch das bereits sehr frühzeitig der Krümmungsverlauf der Fahrspur bestimmbar ist. Dementsprechend zeichnet sich das erfindungsgemäße Verfahren dadurch aus, dass die zukünftige Fahrspurkrümmung in Abhängigkeit von positionsabhängigen Daten des als Zielobjekt detektierten Vorderfahrzeugs ermittelt wird.

**[0010]** Bei den positionsabhängigen Daten kann es sich vorteilhafterweise um einen relativen Winkel des Zielobjekts zum Kraftfahrzeug handeln, d. h. die zukünftige Fahrspurkrümmung wird in Abhängigkeit

vom ermittelten relativen Winkel des Zielobjekts zum Kraftfahrzeug ermittelt. Dieser relative Winkel kann bspw. aus den Daten eines nach vorne gerichteten, das Zielobjekt erkennende Kamerasystem ermittelt werden.

**[0011]** Alternativ oder zusätzlich kann die zukünftige Fahrspurkrümmung auch durch eine (zusätzliche) Auswertung von Positionsdaten des als Zielobjekt detektierten Vorderfahrzeugs ermittelt werden. Die Position bzw. die Positionsdaten des Zielobjekts können mittels einer entsprechenden Sensorik, die im Fahrzeug angebracht ist, wie z. B. einem Kamerasystem ermittelt oder durch car-to-car-Kommunikation an das eigene Kraftfahrzeug übermittelt werden.

**[0012]** Vorteilhafterweise kann die zukünftige Fahrspurkrümmung in Abhängigkeit der Positionsdaten des Kraftfahrzeugs und des Zielobjekts zum gleichen Zeitpunkt, also durch Auswertung der relativen Positionsdaten des Zielobjekts zum entsprechenden Kraftfahrzeug ermittelt werden. Ist also die relative Position des Zielobjekts bekannt, kann aufgrund des Abstands und den Versatz des Zielobjekts zu dem Kraftfahrzeug ermittelt werden, ob die zukünftige Fahrspurkrümmung größer als die vorgegebene maximal erlaubte Fahrspurkrümmung sein wird.

**[0013]** Eine noch genauere Abschätzung der zukünftigen Fahrspurkrümmung kann in einer vorteilhaften Weiterbildung dadurch ermöglicht werden, dass die zukünftige Fahrspurkrümmung direkt in Abhängigkeit von der bekannten gefahrenen Trajektorie des Zielobjekts ermittelt wird. Die Ermittlung der vom Zielobjekt gefahrenen Trajektorie kann vorteilhafterweise durch kontinuierliche Ermittlung und ggf. zeitweiser Speicherung der Positionsdaten und/oder der zum Kraftfahrzeug relativen Positionsdaten des Zielobjekts und zumindest teilweiser Auswertung der gespeicherten Positionsdaten stattfinden.

**[0014]** Um die durch Auswertung von Positionsdaten des Zielobjekts ermittelte zukünftige Fahrspurkrümmung abzusichern, können bei der Ermittlung noch weitere Daten wie z. B. die Daten eines Navigationssystems und/oder ermittelten Daten aus erkannten Spurmarkierungen ausgewertet werden.

**[0015]** Wird nun durch Auswertung der Positionsdaten des Zielobjekts und ggf. weiterer relevanter Daten oder Informationen festgestellt, dass die zukünftige Fahrspurkrümmung größer als die vorgegebene maximal erlaubte Fahrspurkrümmung sein wird, wird vorteilhafterweise eine optische, akustische und/oder haptische Warnung an den Fahrer des Kraftfahrzeugs ausgegeben, die dem Fahrer darauf hinweist, dass die vollautomatische Fahrzeugführung nicht mehr fortgesetzt werden kann. Zusätzlich oder alternativ kann auch eine Übernahmeaufforderung

an den Fahrer des Kraftfahrzeugs ausgegeben werden.

**[0016]** Zusätzlich oder alternativ kann bei einer ermittelten, größeren zukünftigen Fahrspurkrümmung als der vorgegebenen maximal erlaubten Fahrspurkrümmung auch ein automatischer Bremseneingriff zum Abbremsen des Kraftfahrzeugs vorgenommen, um zu verhindern, dass bei Erreichen bzw. Überschreiten der maximal erlaubten Fahrspurkrümmung das Fahrzeug eine relativ große Geschwindigkeit aufweist und aufgrund des Abbruchs der vollautomatischen Fahrzeugführung das Fahrzeug dann ungebremst weiterrollen würde.

**[0017]** Vorteilhafterweise wird in solchen Situationen ein derartiger Bremseneingriff vorgenommen, dass das Fahrzeug innerhalb eines vorgegebenen Zeitintervalls oder innerhalb einer vorgegebenen Distanz zum Stillstand kommt, falls der Fahrer nicht innerhalb des Abbremsvorgangs selbst wieder die Fahraufgabe übernimmt bzw. in die Fahrzeugführung aktiv eingreift. Idealerweise wird ein derartiger Bremseneingriff vorgenommen, dass das Kraftfahrzeug innerhalb der Distanz zum Stillstand kommt, die zwischen dem Kraftfahrzeug und dem Vorderfahrzeug zu dem Zeitpunkt vorlag, bei dem erkannt wurde, dass die zukünftige Fahrspurkrümmung größer als die maximal erlaubte Fahrspurkrümmung sein wird.

**[0018]** Hinsichtlich der Querführung des Fahrzeugs nach dem Feststellen, dass die zukünftige Fahrspurkrümmung größer als die maximal erlaubte Fahrspurkrümmung sein wird, können verschiedene Maßnahmen ergriffen werden. Gemäß einer ersten Alternative kann die Lenkaktuatorik des Lenksystems derart angesteuert werden, dass das Kraftfahrzeug weiterhin entlang einer auf Basis der vom vollautomatischen, zur fahrerunabhängigen Fahrzeugführung ausgebildeten Fahrerassistenzsystem ermittelten oder angeforderten Querführungsanforderung bzw. Querführungs-Trajektorie geführt wird, d. h. das Fahrzeug wird weiterhin innerhalb der Spur bzw. Spurmitte gehalten. Alternativ kann jedoch auch in einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung die Lenkaktuatorik des Lenksystems derart angesteuert werden, dass das Kraftfahrzeug entlang einer neu ermittelten Querführungs-Rückfalltrajektorie geführt wird. Bspw. könnte in diesem Fall sinnvoll sein, das Fahrzeug am rechten oder linken Rand der eigenen Fahrspur zum Halten zu bringen.

**[0019]** Die Erfindung wird anhand des nachfolgenden Ausführungsbeispiels nochmals näher erläutert. Dabei zeigt die einzige Figur erste Verkehrssituation zur Darstellung der Ermittlung der zukünftigen Fahrspurkrümmung. Diese Ermittlung kann innerhalb eines Steuergeräts, oder über mehrere dafür vorgesehene Steuergeräte verteilt, stattfinden.

**[0020]** In der Fig. ist ein Autobahnabschnitt mit zwei Fahrspuren FS1 und FS2 dargestellt, wobei sich auf der rechten Fahrspur FS1 ein erstes Kraftfahrzeug F und ein vorausfahrendes Vorderfahrzeug ZO in einer Stausituation befinden. Das Kraftfahrzeug F ist mit einem vollautomatischen, zur fahrerunabhängigen Fahrzeugführung ausgebildeten Fahrerassistenzsystem, einem sog. Stauassistenten, ausgestattet. Aufgrund des aktiven Stauassistenten wird bei dem Fahrzeug F sowohl die Längs- als auch die Querverführung vollautomatisch vorgenommen, und zwar derart, dass das Fahrzeug innerhalb der Fahrspur FS1 mit einem vorgegebenen Abstand zu dem detektierten Zielobjekt ZO geführt wird.

**[0021]** Während der fahrerunabhängigen Fahrzeugführung wird nun kontinuierlich die zukünftige Fahrspurkrümmung durch eine Auswertung von Positionsdaten des als Zielobjekt (ZO) detektierten Vorderfahrzeugs ermittelt. Die Figur zeigt hierzu zwei verschiedene Möglichkeiten.

**[0022]** Gemäß einer ersten Alternative wird die zukünftige Fahrspurkrümmung  $a$  durch Vergleich der Positionsdaten  $A$  des Kraftfahrzeugs F mit den Positionsdaten  $B3$  des Zielobjekts ZO zum gleichen Zeitpunkt, also durch Auswertung der relativen Positionsdaten des Zielobjekts ZO zum entsprechenden Kraftfahrzeug F derart ermittelt, dass (gedanklich) eine direkte Verbindungslinie VL zwischen dem Kraftfahrzeug F und dem ZO gezogen wird und daraus die zukünftige Fahrspurkrümmung  $a$  ermittelt. Wie die Figur zeigt, ist diese Art der Ermittlung etwas ungenau, da sich diese ermittelte Fahrspurkrümmung nur dann vorliegen würde, wenn das Kraftfahrzeug F auf kürzestem Weg die aktuelle Position  $B3$  des Zielobjekts ZO ansteuern würde.

**[0023]** Um eine bessere bzw. genauere Abschätzung der zukünftigen Krümmung der gefahrenen Fahrspur zu erhalten, wird im Rahmen einer alternativen Vorgehensweise die zukünftige Fahrspurkrümmung direkt aus der gefahrenen Trajektorie  $Tr$  des Zielobjekts ermittelt, d. h. es wird an vorgegebenen Punkten  $B1$ ,  $B2$  und  $B3$  bzw. kontinuierlich bei jeder Position, die das Zielobjekt ZO eingenommen hat, aus diesen Daten die dort vorliegende Fahrspurkrümmung ( $b1$ ,  $b2$  und  $b3$ ) ermittelt. Das das Kraftfahrzeug F im Rahmen der vollautomatischen Fahrzeugführung zumindest eine ähnliche Trajektorie befahren wird, als sie das Zielobjekt ZO gefahren hat, kann dadurch relativ genau die zukünftige Krümmung der vom Kraftfahrzeug befahrenen Fahrspurkrümmung ermittelt und entsprechende Maßnahmen (Bremseingriff, Übernahmeaufforderung) bereits frühzeitig eingeleitet werden.

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- DE 102010021591 A1 [0004]

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Krümmungserkennung eines Fahrspurverlaufs während des Betriebs eines vollautomatischen, zur fahrerunabhängigen Fahrzeugführung ausgebildeten Fahrerassistenzsystems mittels einer Steuereinheit, die bei Betrieb dieses Fahrerassistenzsystems bei einer ermittelten, kleineren aktuellen oder zukünftigen Fahrspurkrümmung als einer vorgegebenen maximal erlaubten Fahrspurkrümmung eine Antriebseinheit und/oder Bremsen einheit derart ansteuert, dass das Kraftfahrzeug einen vorgegebenen Abstand zu einem als Zielobjekt detektierten Vorderfahrzeug einhält, und das die Aktuatorik eines Lenksystems derart ansteuert, dass das Kraftfahrzeug innerhalb der erkannten, eigenen Fahrspur gehalten wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zukünftige Fahrspurkrümmung (a, b1, b2, b3) in Abhängigkeit von positionsabhängigen Daten (B1, B2, B3) des als Zielobjekt (ZO) detektierten Vorderfahrzeugs ermittelt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zukünftige Fahrspurkrümmung (a, b1, b2, b3) in Abhängigkeit vom relativen Winkel des Zielobjekts (ZO) zum Kraftfahrzeug (F) ermittelt wird.

3. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zukünftige Fahrspurkrümmung (a, b1, b2, b3) durch eine Auswertung von Positionsdaten (B1, B2, B3) des als Zielobjekt (ZO) detektierten Vorderfahrzeugs ermittelt wird.

4. Verfahren einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zukünftige Fahrspurkrümmung (a) in Abhängigkeit der Positionsdaten (A) des Kraftfahrzeugs und der Positionsdaten (B3) des Zielobjekts (ZO) zum gleichen Zeitpunkt ermittelt wird.

5. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zukünftige Fahrspurkrümmung (b1, b2, b3) in Abhängigkeit von der gefahrenen Trajektorie (Tr) des Zielobjekts (ZO) ermittelt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die gefahrene Trajektorie (Tr) des Zielobjekts (ZO) durch kontinuierliche Ermittlung und ggf. zeitweiser Speicherung der Positionsdaten (B1, B2, B3) des Zielobjekts (ZO) und/oder der zum Kraftfahrzeug (F) relativen Positionsdaten des Zielobjekts (ZO) und zumindest teilweiser Auswertung der gespeicherten Positionsdaten (B1, B2, B3) ermittelt wird.

7. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Ermittlung der zukünftigen Fahrspurkrümmung (a, b1, b2,

b3) weitere Daten, insbesondere Daten eines Navigationssystems und/oder Daten aus erkannten Spurmarkierungen ausgewertet werden.

8. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei einer ermittelten, größeren zukünftigen Fahrspurkrümmung (a, b1, b2, b3) als der vorgegebenen maximal erlaubten Fahrspurkrümmung eine Warnung an den Fahrer des Kraftfahrzeugs und/oder eine Übernahmeaufforderung an den Fahrer des Kraftfahrzeugs ausgegeben wird.

9. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei einer ermittelten, größeren zukünftigen Fahrspurkrümmung (a, b1, b2, b3) als der vorgegebenen maximal erlaubten Fahrspurkrümmung ein automatischer Bremseneingriff zum Abbremsen des Kraftfahrzeugs vorgenommen wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein derartiger Bremseneingriff vorgenommen wird, dass das Kraftfahrzeug (F) innerhalb eines vorgegebenen Zeitintervalls oder innerhalb einer vorgegebenen Distanz zum Stillstand kommt.

11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein derartiger Bremseneingriff vorgenommen wird, dass das Kraftfahrzeug (F) innerhalb der Distanz zum Stillstand kommt, die zwischen dem Kraftfahrzeug (F) und dem Vorderfahrzeug (ZO) zu dem Zeitpunkt vorlag, bei dem erkannt wurde, dass die zukünftige Fahrbahnkrümmung größer als die maximal erlaubte Fahrspurkrümmung sein wird.

12. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei einer ermittelten, größeren zukünftigen Fahrspurkrümmung (a, b1, b2, b3) als der vorgegebenen maximal erlaubten Fahrspurkrümmung die Lenkaktuatorik des Lenksystems derart angesteuert wird, dass das Kraftfahrzeug (F) entlang einer auf Basis der vom vollautomatischen, zur fahrerunabhängigen Fahrzeugführung ausgebildeten Fahrerassistenzsystem ermittelten oder angeforderten Querführungsanforderung bzw. Querführungs-Trajektorie oder entlang einer neu ermittelten Querführungs-Rückfalltrajektorie geführt wird.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

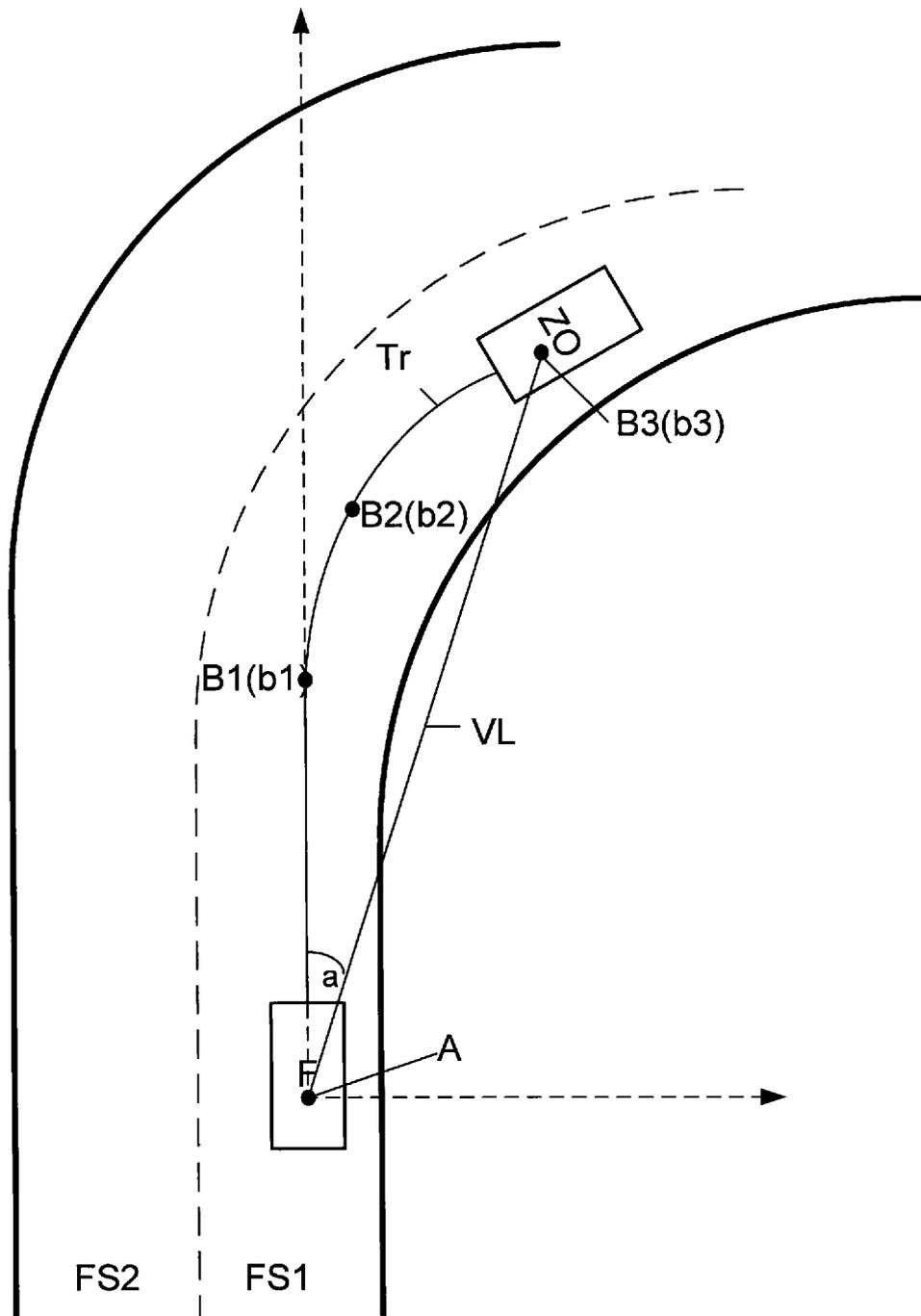


Fig.