



(19)  
 Bundesrepublik Deutschland  
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 10 2005 043 470 A1 2007.03.15

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2005 043 470.3

(22) Anmeldetag: 13.09.2005

(43) Offenlegungstag: 15.03.2007

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **B62D 13/06** (2006.01)

**B62D 6/00** (2006.01)

**B60D 1/30** (2006.01)

(71) Anmelder:

**DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE**

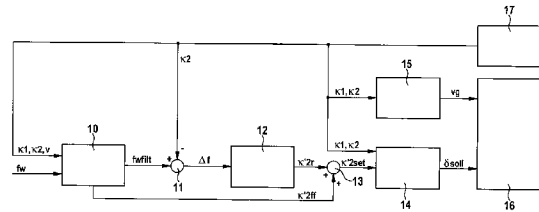
(72) Erfinder:

**Remy, Christian David, 83556 Griesstätt, DE;  
 Schwarzhaupt, Andreas, Dr.-Ing., 76829 Landau,  
 DE; Spiegelberg, Gernot, Prof. Dr.-Ing., 71296  
 Heimsheim, DE; Wirnitzer, Jan, Dr.-Ing., 71404  
 Korb, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung und Verfahren zur Regelung der Rückwärtsfahrt eines Fahrzeugespanns**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Regelung der Rückwärtsfahrt eines Zugfahrzeugs (A) mit angekoppeltem Anhänger (B). Die Regelung erfolgt hierbei entsprechend einer Fahrervorgabe (fw), wobei unter Berücksichtigung einer die aktuelle Position des Anhängers (B) relativ zum Zugfahrzeug (A) beschreibenden Anhänger-Zugfahrzeug-Winkellage ( $\kappa_1$ ,  $\kappa_2$ ) ein Soll-Lenkeinschlagwinkel ( $\delta_{\text{soll}}$ ) als Lenksteuerbefehl für einen automatischen Lenkeingriff berechnet wird und der Lenkeingriff entsprechend dem Lenksteuerbefehl durchgeführt wird. Zur Vermeidung von nichtrealisierbaren Lenksteuerbefehlen wird aus der Fahrervorgabe (fw) durch eine Sollwertfilterung eine gefilterte Fahrervorgabe (fwfilt) als Führungsgröße (fwfilt) für die Regelung erzeugt. Die Sollwertfilterung wird dabei in Abhängigkeit der aktuellen Anhänger-Zugfahrzeug-Winkellage ( $\kappa_1$ ,  $\kappa_2$ ) durchgeführt.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Regelung der Rückwärtsfahrt eines Fahrzeuggespanns gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1. Die Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zur Regelung der Rückwärtsfahrt eines Fahrzeuggespanns gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 5.

**[0002]** Die Rückwärtsfahrt eines Fahrzeuggespanns umfassend ein Zugfahrzeug mit einem daran angekoppelten Anhänger ist in der Regel instabil, d.h. der Einschlagwinkel der lenkbaren Räder des Zugfahrzeugs muss ständig nachkorrigiert werden. Der Fahrer muss das Zugfahrzeug – bei einem Anhänger mit Deichsel – mit einem bestimmten Winkel zwischen Deichsel und Zugfahrzeug und einem bestimmten Winkel zwischen Deichsel und Anhänger bewegen, um stabil zu bleiben. Die manuelle Korrektur der Fahrtrichtung über das Lenkrad erweist sich für den Fahrer als besonders schwierig, da das Lenkrad den Einschlagwinkel der lenkbaren Räder widerspiegelt und nur selten mit der gewünschten Fahrtrichtung übereinstimmt. Ein Regelungssystem, das den Fahrer bei einer Rückwärtsfahrt unterstützt, muss das Gleiche leisten können wie der Fahrer.

## Stand der Technik

**[0003]** Aus der DE 198 34 752 A1 ist eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Regelung der Rückwärtsfahrt eines Fahrzeuggespanns bestehend aus einem Zugfahrzeug und einem Anhänger bekannt. Die Stabilisierung basiert dabei auf der Regelung des Einschlagwinkels der lenkbaren Räder des Zugfahrzeugs in Abhängigkeit der Fahrgeschwindigkeit und der Position des Anhängers relativ zum Zugfahrzeug. Bei einer stabilen Vorwärtsfahrt werden in kurzen Zeitabständen die Einschlagwinkel der lenkbaren Räder, die dazugehörigen relativen Position des Zugfahrzeugs zum Anhänger und die dazugehörigen Geschwindigkeiten erfasst und gespeichert. Bei einer Rückwärtsfahrt wird eine Servolenkeinrichtung des Zugfahrzeugs anhand der gespeicherten Werte so angesteuert, dass das Gespann einem vorgegebenen Kurvenradius stabil folgt. Der Kurvenradius wird dabei vom Fahrer über ein Potentiometer vorgegeben.

**[0004]** Des weiteren ist aus der DE 198 06 655 A1 eine elektronische Rangierhilfe für die Rückwärtsfahrt eines Zugfahrzeugs mit Anhänger bekannt, bei dem das Zugfahrzeug über eine Deichsel mit dem Anhänger verbunden ist und bei dem die Rückwärtsfahrt durch einen aktiven Lenkeingriff am Lenkrad des Zugfahrzeugs mittels eines Stellmotors stabilisiert wird. Die Stabilisierung basiert dabei auf der Ermittlung des Winkels zwischen Anhänger und Deichsel zu Beginn der Rückwärtsfahrt und der Steuerung

des Lenkeingriffs derart, dass dieser Winkel während der Rückwärtsfahrt seinen anfänglichen Wert unverändert beibehält. Das Zugfahrzeug und der Anhänger müssen demnach vom Fahrer vor Beginn der Rückwärtsfahrt in eine stabile Ausgangsposition gebracht werden, in der der Winkel zwischen Zugfahrzeug und Deichsel bereits den für den gewünschten Kurvenradius erforderlichen Wert angenommen hat.

## Aufgabenstellung

**[0005]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zur Regelung der Rückwärtsfahrt eines Fahrzeuggespanns umfassend ein Zugfahrzeug und einen Anhänger anzugeben, die zuverlässig arbeitet und die verhindert, dass das Fahrzeuggespann in eine nicht mehr steuerbare Position gebracht wird. Der Erfindung liegt weiterhin die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Betreiben der Vorrichtung anzugeben.

**[0006]** Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

**[0007]** Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Regelung der Rückwärtsfahrt eines Fahrzeuggespanns, welches ein Zugfahrzeug mit einem Anhänger umfasst, weist Eingabemittel zur Eingabe eines Fahrerwunsches als Kursbestimmende Fahrervorgabe, Detektionsmittel zur Erfassung einer die aktuelle Position des Anhängers relativ zum Zugfahrzeug beschreibenden Anhänger-Zugfahrzeug-Winkellage, Berechnungsmittel zur Berechnung eines Soll-Lenkeinschlagwinkels als Lenksteuerbefehl für einen automatischen Lenkeingriff und Stellmittel zur Durchführung des Lenksteuerbefehls auf, sowie einen Sollwertfilter mit in Abhängigkeit der aktuellen Anhänger-Zugfahrzeug-Winkellage steuerbaren Filterparametern, wobei der Sollwertfilter zur Erzeugung einer Führungsgröße für die Regelung des Lenkeingriffs durch Filterung der Fahrervorgabe vorgesehen ist.

**[0008]** Durch die Steuerung der Filterparameter in Abhängigkeit der aktuellen Anhänger-Zugfahrzeug-Winkellage wird eine Anpassung der Filtercharakteristik des Sollwertfilters an die aktuelle Winkellage des Anhängers bezüglich des Zugfahrzeugs vorgenommen. Dadurch wird eine an die aktuelle Anhänger-Zugfahrzeug-Winkellage angepasste Begrenzung des Werts und der Anstiegsgeschwindigkeit der Führungsgröße derart vorgenommen, dass keine hinsichtlich des Werts und der Anstiegsgeschwindigkeit nicht realisierbare Lenksteuerbefehle gefordert werden. Zudem wird verhindert, dass das Fahrzeuggespann in eine bei der Rückwärtsfahrt nicht mehr steuerbare Anhänger-Zugfahrzeug-Winkellage gebracht wird.

**[0009]** In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Vorrichtung ist der der Sollwertfilter eingerichtet, die Änderungsrate der Fahrervorgabe bezogen auf die Zeit und die Änderungsrate der Fahrervorgabe bezogen auf die vom Zugfahrzeug gefahrene Strecke betragsmäßig zu begrenzen. Hierdurch werden sprungartige und von der Regelung nicht handhabbare Änderungen der Fahrervorgabe auf realisierbare Vorgabewerte korrigiert.

**[0010]** Vorzugsweise weist die erfindungsgemäße Vorrichtung weiterhin einen Ist-Sollwert-Vergleicher und einen Regler mit integrierendem Verhalten, insbesondere einen PI-Regler auf. Der Ist-Sollwert-Vergleicher ist dabei zur Ermittlung der Abweichung zwischen der Führungsgröße und einer zur Führungsgröße korrespondierenden Istgröße vorgesehen und der Regler ist zur Umsetzung der ermittelten Abweichung in eine Regelgröße vorgesehen, aus der die Berechnungsmittel zur Berechnung des Soll-Lenkeinschlagwinkels anschließend den Lenksteuerbefehl ermitteln.

**[0011]** Vorzugsweise sind die Berechnungsmittel zur Berechnung des Soll-Lenkeinschlagwinkels eingerichtet, den Lenkbefehl, d.h. den Soll-Lenkeinschlagwinkel als einen Lenkeinschlagwinkel zu berechnen, der am Lenksystem des Zugfahrzeug eingestellt werden muss, um die Anhänger-Zugfahrzeug-Winkellage mit einer aus der Regelgröße ermittelten fahrstreckenbezogenen Änderungsrate zu variieren.

**[0012]** Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Regelung der Rückwärtsfahrt eines Fahrzeugespanns umfassend ein Zugfahrzeug mit angekoppeltem Anhänger erfolgt Regelung entsprechend einer Fahrervorgabe, wobei unter Berücksichtigung einer die aktuelle Position des Anhängers relativ zum Zugfahrzeug beschreibenden Anhänger-Zugfahrzeug-Winkellage ein Soll-Lenkeinschlagwinkel als Lenksteuerbefehl für einen automatischen Lenkeingriff berechnet wird und der Lenkeingriff entsprechend dem Lenksteuerbefehl durchgeführt wird. Zur Vermeidung von nichtrealisierbaren Lenksteuerbefehlen wird aus der Fahrervorgabe durch eine Sollwertfilterung eine gefilterte Fahrervorgabe erzeugt, die als Führungsgröße der Regelung zugrunde gelegt wird. Die Sollwertfilterung wird dabei in Abhängigkeit der aktuellen Anhänger-Zugfahrzeug-Winkellage durchgeführt.

**[0013]** In einer vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens wird zur Erfassung der Anhänger-Zugfahrzeug-Winkellage ein Anhängerlenkwinkel als Winkel zwischen den Längsachsen des Anhängers und einer Deichsel des Anhängers und ein Deichselwinkel als Winkel zwischen den Längsachsen der Deichsel und des Zugfahrzeugs erfasst.

**[0014]** In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens wird die Führungsgröße mit einer Regelstrecke in eine Reglervorgabe umgesetzt, die angibt, um welchen Betrag der Anhängerlenkwinkel bezogen auf die Länge der vom Zugfahrzeug gefahrenen Strecke geändert werden muss, um den Lenkeingriff entsprechend der Führungsgröße zu regeln.

**[0015]** In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens wird der Soll-Lenkeinschlagwinkel als Lenkeinschlagwinkel berechnet, der am Zugfahrzeug eingestellt werden muss, um den Anhängerlenkwinkel mit der durch die Reglervorgabe vorgegebenen fahrstreckenbezogenen Änderungsrate zu variieren.

#### Ausführungsbeispiel

**[0016]** Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die Figuren näher beschrieben. Dabei zeigen:

**[0017]** Fig. 1 eine Prinzipdarstellung eines Fahrzeugespanns bestehend aus einem Zugfahrzeug und Anhänger,

**[0018]** Fig. 2 ein Blockschaltbild eines ersten Ausführungsbeispiels einer Vorrichtung zur Regelung der Rückwärtsfahrt des Fahrzeugespanns aus Fig. 1,

**[0019]** Fig. 3 eine Prinzipdarstellung der Anhänger-Zugfahrzeug-Winkellage des Fahrzeugespanns aus Fig. 1 bei einer Regelung der Rückwärtsfahrt ohne Filterung der Fahrervorgabe,

**[0020]** Fig. 4 ein Zeitdiagramm mit verschiedenen, zur Darstellung aus Fig. 3 zugehörigen Winkeln,

**[0021]** Fig. 5 eine Prinzipdarstellung der Anhänger-Zugfahrzeug-Winkellage des Fahrzeugespanns aus Fig. 1 bei einer Regelung der Rückwärtsfahrt mit Filterung der Fahrervorgabe,

**[0022]** Fig. 6 ein Zeitdiagramm mit verschiedenen, zur Darstellung aus Fig. 3 zugehörigen Winkeln,

**[0023]** Fig. 7 ein Blockschaltbild eines zweiten Ausführungsbeispiels einer Vorrichtung zur Regelung der Rückwärtsfahrt des Fahrzeugespanns aus Fig. 1,

**[0024]** Fig. 8 ein Blockschaltbild eines dritten Ausführungsbeispiels einer Vorrichtung zur Regelung der Rückwärtsfahrt des Fahrzeugespanns aus Fig. 1.

**[0025]** Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 umfasst das Fahrzeugespann ein Zugfahrzeug A und einen daran über eine Deichsel B1 angekoppelten Anhänger B. Die Vorderachse des Anhängers B ist lenkbar ausgeführt. Der Anhänger B weist hierzu einen mit der Deichsel B1 gekoppelten Drehschemel auf. Die Vorderachse des Anhängers B lässt sich so-

mit über die Deichsel B1 um einen Anhängerlenkwinkel  $\kappa_2$ , der einem Knickwinkel zwischen den Längsachsen des Anhängers B und der Deichsel B1 entspricht, gegenüber der Hinterradachse des Anhängers B verschwenken. Die relative Position des Anhängers B bezüglich des Zugfahrzeugs A, d.h. die Anhänger-Zugfahrzeug-Winkellage des Fahrzeuggespanns, wird durch den Anhängerlenkwinkel  $\kappa_2$  und einen weiteren, im folgenden als Deichselwinkel  $\kappa_1$  bezeichneten Knickwinkel zwischen den Längsachsen des Zugfahrzeugs A und der Deichsel B1 bestimmt.

**[0026]** In der Figur ist noch der Einschlagwinkel des rechten Vorderrads des Zugfahrzeugs A als Lenkeinschlagwinkel  $\delta$  eingezeichnet. Es wird nachfolgend vereinfachen davon ausgegangen, dass die Einschlagwinkel an beiden Vorderrädern des Zugfahrzeugs A gleich sind. Aufgrund der Spurgeometrie ist dies in der Regel jedoch nicht der Fall. In einem solchen Fall bezeichnet der Lenkeinschlagwinkel  $\delta$  den Einschlagwinkel des Vorderrads eines Einspurmodells des Zugfahrzeugs A. Bei einem solchen Einspurmodell werden die linken und rechten Räder des Fahrzeugs jeweils zu einem fiktiven Mittelrad in der Mitte des Zugfahrzeugs A zusammengefasst. Der Lenkeinschlagwinkel  $\delta$  ist demnach proportional zu dem Drehwinkel des Lenkrads des Zugfahrzeugs A, wobei der Proportionalitätsfaktor der Lenkübersetzung des Lenksystems des Zugfahrzeugs A entspricht.

**[0027]** Um den Anhänger B entlang einer Kreisbahn zu bewegen, muss der Anhängerlenkwinkel  $\kappa_2$  so eingestellt werden, dass die Verlängerungen der Vorder- und Hinterradachse des Anhängers B sich im Mittelpunkt dieser Kreisbahn schneiden. Die Einstellung des Anhängerlenkwinkels  $\kappa_2$  erfolgt durch eine entsprechende Änderung des Deichselwinkels  $\kappa_1$ , der seinerseits durch Steuerung des Lenkeinschlagwinkels  $\delta$  eingestellt wird.

**[0028]** Die erfindungsgemäße Vorrichtung muss den Lenkeinschlagwinkel  $\delta$  nun so einstellen, dass das Fahrzeuggespann A, B nach und nach auf eine vom Fahrer gewünschte Bahn gebracht wird. Die Einstellung erfolgt dabei durch eine Regelung.

**[0029]** Gemäß [Fig. 2](#) umfasst eine solche Vorrichtung zur Einstellung des Lenkeinschlagwinkels  $\delta$  einen Sollwertfilter **10**, einen Ist-Sollwert-Vergleicher **11**, einen Regler **12**, einen Summierer **13**, Berechnungsmittel **14** zur Berechnung eines Soll-Lenkeinschlagwinkels  $\delta_{\text{Soll}}$ , Berechnungsmittel **15** zur Berechnung einer Grenzgeschwindigkeit  $v_g$ , eine Steuereinrichtung **16** zur Durchführung eines Lenkeingriffs entsprechend dem berechneten Soll-Lenkeinschlagwinkel  $\delta_{\text{Soll}}$  und zur Begrenzung der Fahrgeschwindigkeit  $v$  des Zugfahrzeugs A entsprechend der berechneten Grenzgeschwindigkeit  $v_g$  sowie De-

tektionsmittel **17** zur Ermittlung der aktuellen Knickwinkel  $\kappa_1$ ,  $\kappa_2$  und der Fahrgeschwindigkeit  $v$  des Zugfahrzeugs A.

**[0030]** Die Berechnungsmittel **14** zur Berechnung des Soll-Lenkeinschlagwinkels  $\delta_{\text{Soll}}$  stellen den Hauptbestandteil der Vorrichtung dar. Diese Berechnungsmittel **14** berechnen aus den aktuellen Werten der Knickwinkel  $\kappa_1$ ,  $\kappa_2$  und einer Reglervorgabe  $\kappa_2^{\text{set}}$  den Soll-Lenkeinschlagwinkel  $\delta_{\text{Soll}}$ , der als Lenkeinschlagwinkel  $\delta$  am Zugfahrzeug A eingestellt werden muss, um den Anhängerlenkwinkel  $\kappa_2$  mit einer durch die Reglervorgabe  $\kappa_2^{\text{set}}$  vorgegebenen Rate zu variieren. Die Reglervorgabe  $\kappa_2^{\text{set}}$  stellt dabei eine von der Vorrichtung geforderte fahrstreckenbezogene Änderung des Anhängerlenkwinkels  $\kappa_2$  dar, wobei unter einer fahrstreckenbezogenen Änderung einer Größe die relative Änderung dieser Größe bezogen auf die Länge einer von der Hinterachse des Zugfahrzeugs A gefahrenen Strecke verstanden wird.

**[0031]** Die Berechnung des Soll-Lenkeinschlagwinkels  $\delta_{\text{Soll}}$  wird zyklisch wiederholt und basiert auf der Auswertung von Bewegungsgleichungen, die das Bewegungsverhalten eines Fahrzeugmodells des Fahrzeuggespanns A, B beschreiben.

**[0032]** Die Berechnungsmittel **15** werten die aktuellen Knickwinkel  $\kappa_1$ ,  $\kappa_2$  aus, um zu prüfen, ob diese so groß sind, dass die Gefahr eines Verkeilens des Zugfahrzeugs A und des Anhängers B besteht, d.h. ob zulässige technische Grenzen der Knickwinkel  $\kappa_1$ ,  $\kappa_2$  überschritten werden. Als Berechnungsergebnis wird eine Grenzgeschwindigkeit  $v_g$  bereitgestellt, die eine bei den aktuellen Knickwinkeln  $\kappa_1$ ,  $\kappa_2$  gerade noch zulässige Fahrgeschwindigkeit  $v$  darstellt.

**[0033]** Die Steuereinrichtung **16** umfasst Stelleinrichtungen zur Einstellung des Lenkeinschlagwinkels  $\delta$  auf den Wert des Soll-Lenkeinschlagwinkels  $\delta_{\text{Soll}}$ . Die Einstellung kann dabei durch eine einfache Steuerung erfolgen oder durch eine Regelung, bei der die Abweichung zwischen dem aktuellen Lenkeinschlagwinkel  $\delta$  und dem Soll-Lenkeinschlagwinkel  $\delta_{\text{Soll}}$  mit geeigneten Mitteln ermittelt und ausgegeregelt wird.

**[0034]** Die Steuereinrichtung **16** umfasst weiterhin Mittel zur Begrenzung der vom Fahrer gesteuerten Fahrgeschwindigkeit  $v$  auf Werte unterhalb der Grenzgeschwindigkeit  $v_g$ . Im Extremfall kann das Zugfahrzeug A bei hoher Verkeilgefahr somit angehalten werden.

**[0035]** Die Reglervorgabe  $\kappa_2^{\text{set}}$  wird in Abhängigkeit des Fahrerwunsches und in Abhängigkeit der aktuellen Knickwinkel  $\kappa_1$ ,  $\kappa_2$  und Fahrgeschwindigkeit  $v$  vorgegeben.

**[0036]** Der Fahrer gibt dabei seinen den gewünsch-

ten Fahrkurs betreffenden Fahrerwunsch über geeignete Eingabemittel, beispielsweise über ein Potentiometer oder einen Joystick, als Fahrervorgabe  $f_w$  vor. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel handelt es sich bei der Fahrervorgabe  $f_w$  um einen Wunschwert für den Anhängerlenkwinkel  $\kappa_2$ .

**[0037]** Die Fahrervorgabe  $f_w$  wird in dem Sollwertfilter **10** unter Berücksichtigung der aktuellen Knickwinkel  $\kappa_1$ ,  $\kappa_2$  und der aktuellen Fahrgeschwindigkeit  $v$  gefiltert. Als Ergebnis der Filterung wird eine für die Regelung des Lenkeingriffs geeignete Führungsgröße  $f_{wfil}$  erzeugt. Der Sollwertfilter **10** und die ihm zugrunde liegende Aufgabe werden weiter unten näher erläutert.

**[0038]** Der Ist-Sollwert-Vergleicher **11** vergleicht die Führungsgröße  $f_{wfil}$  mit dem der Führungsgröße korrespondierenden Istwert des Anhängerlenkwinkels  $\kappa_2$  und ermittelt somit die Differenz zwischen der Führungsgröße  $f_{wfil}$  und dem aktuellem Anhängerlenkwinkel  $\kappa_2$  als Regelabweichung  $\Delta f$ .

**[0039]** Die Regelabweichung  $\Delta f$  wird dem Regler **12** zugeführt. Dieser weist integrierendes Verhalten auf und ist beispielsweise als PI-Regler ausgeführt.

**[0040]** Der Regler **12** liefert als Ausgangssignal ein Reglerstellsignal  $\kappa'_{2r}$ , das vom Summierer **13** mit einem Vorsteuersignal  $\kappa'_{2ff}$  summiert wird, um die Reglervorgabe  $\kappa'_{2set}$  zu erzeugen.

**[0041]** Der Summierer **13** bewirkt somit eine Vorsteuerung, durch die Systemungenauigkeiten ausgeglichen werden. Solche Systemungenauigkeiten resultieren beispielsweise aus Ungenauigkeiten des Fahrzeugmodells, das der Berechnung des Soll-Lenkeinschlagwinkels  $\delta_{soll}$  zugrunde gelegt worden ist, sowie aus Ungenauigkeiten zwischen dem berechneten Soll-Lenkeinschlagwinkel  $\delta_{soll}$  und dem von der Steuereinrichtung **16** tatsächlich eingestellten Lenkeinschlagwinkel  $\delta$ .

**[0042]** Das Vorsteuersignal  $\kappa'_{2ff}$  wird vom Sollwertfilter **10** bereitgestellt und wird in Abhängigkeit der Fahrervorgabe  $f_w$ , der aktuellen Knickwinkel  $\kappa_1$ ,  $\kappa_2$  und der aktuellen Fahrgeschwindigkeit  $v$  derart generiert, dass die Ausregelung der Regelabweichung  $\Delta f$  erleichtert wird. Im Sollwertfilter **10** kann hierzu beispielsweise eine Tabelle hinterlegt sein, die für verschiedene Konstellationen der Fahrervorgabe  $f_w$ , Knickwinkel  $\kappa_1$ ,  $\kappa_2$  und Fahrgeschwindigkeit  $v$  einen jeweils geeigneten, beispielsweise durch Fahrttests oder Simulation ermittelten Wert des Vorsteuersignals  $\kappa'_{2ff}$  enthält.

**[0043]** Primäre Aufgabe des Sollwertfilters **10** ist es aber, die Fahrervorgabe  $f_w$  derart zu filtern, dass die Führungsgröße  $f_{wfil}$  folgende Eigenschaften aufweist:

- der Betrag der Führungsgröße  $f_{wfil}$  lässt sich umsetzen, d.h. die Kompensation der Regelabweichung  $\Delta f$  erfordert keine Werte für den Soll-Lenkeinschlagwinkel  $\delta_{soll}$ , die außerhalb des technisch realisierbaren Wertebereichs des Lenkeinschlagwinkels  $\delta$  liegen;

- die Dynamik der Führungsgröße  $f_{wfil}$  lässt sich umsetzen, d.h. die Kompensation der Regelabweichung  $\Delta f$  erfordert keine Änderungsgeschwindigkeit für den Soll-Lenkeinschlagwinkel  $\delta_{soll}$ , die größer als die von der Steuereinrichtung **16** maximal realisierbaren Änderungsgeschwindigkeit ist;
- die Führungsgröße  $f_{wfil}$  ist so beschränkt, dass keiner der beiden Knickwinkel  $\kappa_1$ ,  $\kappa_2$  seine technische Begrenzung überschreitet, bei der das Zugfahrzeug A und der Anhänger B sich berühren und infolgedessen gegenseitig beschädigen könnten;
- die Führungsgröße  $f_{wfil}$  ist so beschränkt, dass das Fahrzeuggespann A, B nicht in eine Knickwinkelkonstellation  $\kappa_1$ ,  $\kappa_2$  gebracht wird, in der es bei einer fortgesetzten Rückwärtsfahrt nicht mehr steuerbar wäre.

**[0044]** Um diese Vorgaben zu erfüllen, wird der Fahrerwunsch  $f_w$  im Wert und in der auf die Zeit und die gefahrene Strecke bezogenen Anstiegsgeschwindigkeit begrenzt, wobei die Begrenzung in Abhängigkeit der aktuellen Knickwinkel  $\kappa_1$ ,  $\kappa_2$  und der aktuellen Fahrgeschwindigkeit  $v$  vorgenommen wird. Der Sollwertfilter **10** weist demnach eine Übertragungsfunktion auf, die in Abhängigkeit der aktuellen Konstellation von Knickwinkel  $\kappa_1$ ,  $\kappa_2$  und Fahrgeschwindigkeit  $v$  vorgegeben wird. Die geeignete Zuordnung zwischen den die Übertragungsfunktion bestimmenden Filterparametern des Sollwertfilters **10** und den Knickwinkeln  $\kappa_1$ ,  $\kappa_2$  und der Fahrgeschwindigkeit  $v$  lässt sich vorab experimentell oder durch Simulation ermitteln und im Sollwertfilter **10** in Form von einer Tabelle hinterlegen. Während des Betriebs werden dann die Filterparameter entsprechend der aktuellen Konstellation von Knickwinkel  $\kappa_1$ ,  $\kappa_2$  und Fahrgeschwindigkeit  $v$  aus der Tabelle ausgewählt.

**[0045]** Der Sollwertfilter **10** weist vorteilhafterweise tiefpassähnliches Verhalten mit einer nicht oder lediglich geringfügig überschwingenden Sprungantwort auf.

**[0046]** Fig. 3 zeigt die relative Position des Zugfahrzeugs A bezüglich des Anhängers B zu verschiedenen Zeitpunkten  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$ ,  $t_4$ , wenn die Fahrervorgabe  $f_w$  nicht gefiltert wird, d.h. wenn die Führungsgröße  $f_{wfil}$  gleich der Fahrervorgabe  $f_w$  ist. Die zugehörigen Winkel sind in Fig. 4 gezeichnet.

**[0047]** Gemäß Fig. 4 gibt der Fahrer zum Zeitpunkt  $t_1$  eine sprunghafte Änderung der Fahrervorgabe  $f_w$  vor. Der Lenkeinschlagwinkel  $\delta$  wird daraufhin zunächst erhöht und anschließend wieder reduziert. Dies führt zu einem Anstieg des Anhängerlenkwinkels

kels  $\kappa_2$  und zu einer Reduzierung des Deichselwinkels  $\kappa_1$ . Der Deichselwinkel  $\kappa_1$  erreicht zum Zeitpunkt  $t_{10}$  seine untere technische Grenze  $\kappa_{10}$  (und unterschreitet diese, was nur in einer Simulation möglich ist) und der Lenkeinschlagwinkel  $\delta$  erreicht zum Zeitpunkt  $t_{11}$  einen Wert, bei dem die Lenkung sich am Anschlag befindet. Bei Fortsetzung der Rückwärtsfahrt steigt der Anhängerlenkwinkel  $\kappa_2$  zwar wie gewünscht an, eine Einregelung auf den Endwert der Fahrervorgabe  $f_w$  ist aber nicht möglich, da der Lenkeinschlagwinkel  $\delta$  über den Anschlagpunkt hinaus nicht steuerbar ist. Das Fahrzeuggespann A, B wird somit in eine Position gebracht, in der es bei einer Rückwärtsfahrt nicht mehr steuerbar ist.

**[0048]** Fig. 5 zeigt demgegenüber die relative Position des Zugfahrzeugs A in Bezug auf den Anhänger B zu verschiedenen Zeitpunkten  $t_1$  bis  $t_6$ , wenn die Fahrervorgabe  $f_w$  erfindungsgemäß gefiltert wird. Die zugehörigen Winkel sind in Fig. 6 gezeigt.

**[0049]** Gemäß Fig. 6 gibt der Fahrer zum Zeitpunkt  $t_1$  eine sprungartige Änderung der Fahrervorgabe  $f_w$  vor. Dieser Sprung wird durch Filterung verschliffen, so dass die Führungsgröße  $f_{w\text{filt}}$  entsprechend der Übertragungsfunktion eines Tiefpassfilters mit kritischer Dämpfung zunächst langsam, dann etwas schneller ansteigt und anschließend langsam der Führungsgröße  $f_w$  angenähert wird. Dies hat zur Folge, dass auch der Lenkeinschlagwinkel  $\delta$  und der Deichselwinkel  $\kappa_1$  bei betragsmäßig großen Winkelwerten langsam und bei betragsmäßig kleinen Winkelwerten schnell variiert wird. Der Anhängerlenkwinkel  $\kappa_2$  kann der Führungsgröße  $f_{w\text{filt}}$  gut nachgeregelt werden und das Fahrzeuggespann A, B bleibt auch zum Zeitpunkt  $t_6$  noch in einem bei der Rückwärtsfahrt steuerbaren Bereich.

**[0050]** Das Blockschaltbild gemäß Fig. 7 unterscheidet sich geringfügig von dem Blockschaltbild gemäß Fig. 2. Der Unterschied besteht darin, dass die Fahrervorgabe  $f_w$  nunmehr eine fahrstreckenbezogene Änderung des Anhängerlenkwinkels  $\kappa_2$  repräsentiert. Der Fahrer gibt demnach vor, um welchen Wert sich der Anhängerlenkwinkel  $\kappa_2$  pro Längeneinheit der gefahrenen Strecke ändern soll. Der Sollwertfilter **10** erfüllt die gleiche Aufgabe wie der Sollwertfilter **10** aus Fig. 2, die Filterung erfolgt nunmehr jedoch nur noch in Abhängigkeit der Knickwinkel  $\kappa_1$ ,  $\kappa_2$ . Die Führungsgröße  $f_{w\text{filt}}$  hat entsprechend dem Fahrerwunsch  $f_w$  ebenfalls die Dimension eines fahrstreckenbezogenen Winkels. Für den Ist-Sollwertvergleich ist es daher erforderlich, den ermittelten aktuellen Anhängerlenkwinkel  $\kappa_2$  in einen fahrstreckenbezogenen Winkel  $\kappa_2'$  umzurechnen. Diese Berechnung wird mit den Istwertberechnungsmitteln **18** durchgeführt und basiert auf der Berechnung der Länge der gefahrenen Strecke des Zugfahrzeugs A anhand der ermittelten Fahrgeschwindigkeit  $v$  und der Bildung des Verhältnisses aus dem erfassten An-

hängerlenkwinkel  $\kappa_2$  zu der Länge der gefahrenen Strecke.

**[0051]** Der Sollwertfilter **10** liefert ebenfalls das Vorsteuersignal  $\kappa_2'$ . Dieses ist nunmehr aber gleich der Führungsgröße  $f_{w\text{filt}}$ .

**[0052]** Im Übrigen unterscheidet sich die Vorrichtung gemäß Fig. 7 nicht von der Vorrichtung gemäß Fig. 2.

**[0053]** Das Blockschaltbild gemäß Fig. 8 unterscheidet sich ebenfalls nur geringfügig von dem Blockschaltbild gemäß Fig. 2. Der Unterschied besteht darin, dass die Fahrervorgabe  $f_w$  nunmehr eine zeitliche Änderung des Anhängerlenkwinkels  $\kappa_2$  repräsentiert. Der Fahrer gibt demnach vor, um welchen Wert sich der Anhängerlenkwinkel  $\kappa_2$  pro Zeiteinheit ändern soll. Der Sollwertfilter **10** erfüllt die gleiche Aufgabe wie der Sollwertfilter **10** aus Fig. 2; die Filterung erfolgt ebenfalls in Abhängigkeit der aktuellen Knickwinkel  $\kappa_1$ ,  $\kappa_2$  und der Fahrgeschwindigkeit  $v$ . Die Führungsgröße  $f_{w\text{filt}}$  hat entsprechend dem Fahrerwunsch  $f_w$  ebenfalls die Dimension einer zeitlichen Winkeländerung  $\dot{\kappa} = d\kappa/dt$ . Für den Ist-Sollwertvergleich ist es daher erforderlich, den ermittelten aktuellen Anhängerlenkwinkel  $\kappa_2$  in eine zeitliche Winkeländerung  $\dot{\kappa}_2 = d\kappa_2/dt$  umzurechnen. Diese Berechnung entspricht einer Differentiation des Anhängerlenkwinkels  $\kappa_2$ ; sie wird mit den Istwertberechnungsmitteln **18** durchgeführt.

**[0054]** Das Vorsteuersignal  $\kappa_2'$  wird aus der Führungsgröße  $f_{w\text{filt}}$  berechnet. Die Umrechnung ist erforderlich, da die Führungsgröße  $f_{w\text{filt}}$  eine zeitbezogene Winkeländerung, das Vorsteuersignal  $\kappa_2'$  hingegen eine streckenbezogene Winkeländerung repräsentiert. Die Umrechnung erfolgt mit Vorsteuerberechnungsmitteln **19** in Abhängigkeit der aktuellen Fahrgeschwindigkeit  $v$ , die den Zusammenhang zwischen Streckenbezug und Zeitbezug beschreibt.

**[0055]** Im Übrigen unterscheidet sich die Vorrichtung gemäß Fig. 8 nicht von der Vorrichtung gemäß Fig. 2.

**[0056]** Die in den Fig. 2, Fig. 7 und Fig. 8 gezeigten Funktionsblöcke **10**, **11**, **12**, **13**, **14**, **15**, **18**, **19** können sowohl hardwaremäßig als auch softwaremäßig realisiert werden. Denkbar ist auch eine kombinierte hardwaremäßige und softwaremäßige Realisierung. Bei einer softwaremäßigen Realisierung sind die Funktionsblöcke als Programmfunktionen realisiert, die in einem oder mehreren Steuergeräten abgearbeitet werden.

**[0057]** Die vorliegenden Ausführungsbeispiele beziehen sich allesamt auf ein Fahrzeuggespann, bei dem der Anhänger eine gelenkte Achse aufweist. Die Vorrichtung lässt sich selbstverständlich auch für den

Einsatz an Fahrzeuggespanne mit Anhängern mit ungelenkten, d.h. starren Achsen anpassen. Ein solcher Anhänger kann beispielsweise auch als Sattelaufleger ausgeführt sein. Für die Anpassung sind lediglich die beiden Knickwinkel  $\kappa_1$ ,  $\kappa_2$  zu einem Knickwinkel zusammenzufassen.

### Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Regelung der Rückwärtsfahrt eines Fahrzeuggespanns (A, B) umfassend ein Zugfahrzeug (A) mit Anhänger (B), wobei die Vorrichtung – Eingabemittel zur Eingabe eines Fahrerwunsches als Fahrervorgabe (fw),  
– Detektionsmittel (17) zur Erfassung einer die aktuelle Position des Anhängers (B) relativ zum Zugfahrzeug (A) beschreibenden Anhänger-Zugfahrzeug-Winkellage ( $\kappa_1$ ,  $\kappa_2$ ),  
– Berechnungsmittel (14) zur Berechnung eines Soll-Lenkeinschlagwinkels ( $\delta_{\text{soll}}$ ) als Lenksteuerbefehl für einen automatischen Lenkeingriff und  
– Stellmittel (16) zur Durchführung des Lenksteuerbefehls umfasst,

**dadurch gekennzeichnet**, dass ein Sollwertfilter (10) mit in Abhängigkeit der aktuellen Anhänger-Zugfahrzeug-Winkellage ( $\kappa_1$ ,  $\kappa_2$ ) steuerbaren Filterparametern zur Erzeugung einer Führungsgröße (fwfilt) für die Regelung des Lenkeingriffs durch Filterung der Fahrervorgabe (fw) vorgesehen ist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Sollwertfilter (10) eingerichtet ist, die Änderungsrate der Fahrervorgabe (fw) bezogen auf die Zeit und/oder die Änderungsrate der Fahrervorgabe f(w) bezogen auf die vom Zugfahrzeug gefahrene Strecke betragsmäßig zu begrenzen.

3. Vorrichtung nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Ist-Sollwert-Vergleicher (11) zur Ermittlung der Abweichung ( $\Delta f$ ) zwischen der Führungsgröße (fwfilt) und einer zur Führungsgröße korrespondierenden Istgröße ( $\kappa_2$ ;  $\kappa_2$ ;  $\kappa_2$ ) vorgesehen ist und ein Regler (12) mit integrierendem Verhalten zur Umsetzung der ermittelten Abweichung ( $\Delta f$ ) in eine Regelgröße ( $\kappa_2^r$ ) vorgesehen ist, die den Berechnungsmitteln (14) zur Berechnung des Soll-Lenkeinschlagwinkels ( $\delta_{\text{soll}}$ ) zugeführt wird.

4. Vorrichtung nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Berechnungsmittel (14) zur Berechnung des Soll-Lenkeinschlagwinkels ( $\delta_{\text{soll}}$ ) eingerichtet sind, den Soll-Lenkeinschlagwinkel ( $\delta_{\text{soll}}$ ) als einen Lenkeinschlagwinkel ( $\delta$ ) zu berechnen, der am Zugfahrzeug (A) eingestellt werden muss, um die Anhänger-Zugfahrzeug-Winkellage ( $\kappa_1$ ,  $\kappa_2$ ) mit einer in Abhängigkeit der Regelgröße ( $\kappa_2^r$ ) bestimmten fahrstreckenbezo-

genen Änderungsrate ( $\kappa_2^{\text{set}}$ ) zu variieren.

5. Verfahren zur Regelung der Rückwärtsfahrt eines Fahrzeuggespanns (A, B) umfassend ein Zugfahrzeug (A) mit einem Anhänger (B), bei dem eine die aktuelle Position des Anhängers (B) relativ zum Zugfahrzeug (A) beschreibende Anhänger-Zugfahrzeug-Winkellage ( $\kappa_1$ ,  $\kappa_2$ ) erfasst wird, ein Soll-Lenkeinschlagwinkel ( $\delta_{\text{soll}}$ ) als Lenksteuerbefehl für einen automatischen Lenkeingriff in Abhängigkeit der erfassten Anhänger-Zugfahrzeug-Winkellage ( $\kappa_1$ ,  $\kappa_2$ ) und in Abhängigkeit einer Fahrervorgabe (fw) berechnet wird und ein automatischer Lenkeingriff entsprechend dem Soll-Lenkeinschlagwinkel ( $\delta_{\text{soll}}$ ) durchgeführt wird, dadurch gekennzeichnet, dass der Lenkeingriff nach Maßgabe einer Führungsgröße (fwfilt) geregelt wird, die aus der Fahrervorgabe (fw) durch eine Sollwertfilterung der Fahrervorgabe (fw) erzeugt wird, wobei die Sollwertfilterung in Abhängigkeit von anhand der aktuellen Anhänger-Zugfahrzeug-Winkellage ( $\kappa_1$ ,  $\kappa_2$ ) bestimmten Filterparametern durchgeführt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Sollwertfilterung einer Tiefpassfilterung entspricht.

7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass zur Erfassung der Anhänger-Zugfahrzeug-Winkellage ( $\kappa_1$ ,  $\kappa_2$ ) ein Anhängerlenkwinkel ( $\kappa_2$ ) als Winkel zwischen den Längsachsen des Anhängers (B) und einer Deichsel (B1) des Anhängers (B) und ein Deichselwinkel ( $\kappa_1$ ) als Winkel zwischen den Längsachsen der Deichsel (B1) und des Zugfahrzeugs (A) erfasst werden.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Führungsgröße (fwfilt) mit einer Regelstrecke (11, 12) in eine Reglervorgabe ( $\kappa_2^{\text{set}}$ ) umgesetzt wird, die angibt, um welchen Betrag der Anhängerlenkwinkel ( $\kappa_2$ ) bezogen auf die Länge der vom Zugfahrzeug (A) gefahrenen Strecke geändert werden muss, um den Lenkeingriff entsprechend der Führungsgröße (fwfilt) zu regeln.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Soll-Lenkeinschlagwinkel ( $\delta_{\text{soll}}$ ) als Lenkeinschlagwinkel ( $\delta$ ) berechnet wird, der am Zugfahrzeug (A) eingestellt werden muss, um den Anhängerlenkwinkel ( $\kappa_2$ ) mit der durch die Reglervorgabe ( $\kappa_2^{\text{set}}$ ) vorgegebenen fahrstreckenbezogenen Änderungsrate zu variieren.

Es folgen 8 Blatt Zeichnungen

Fig. 1

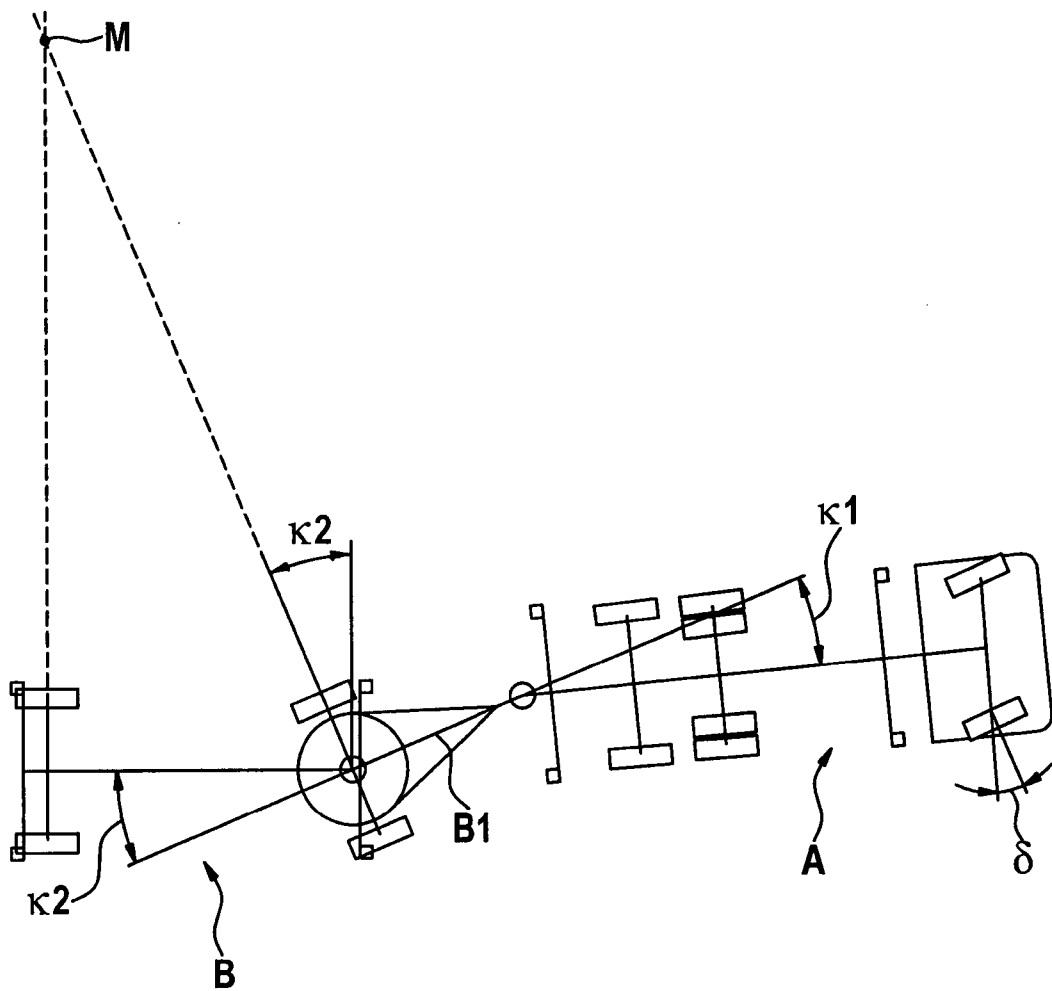
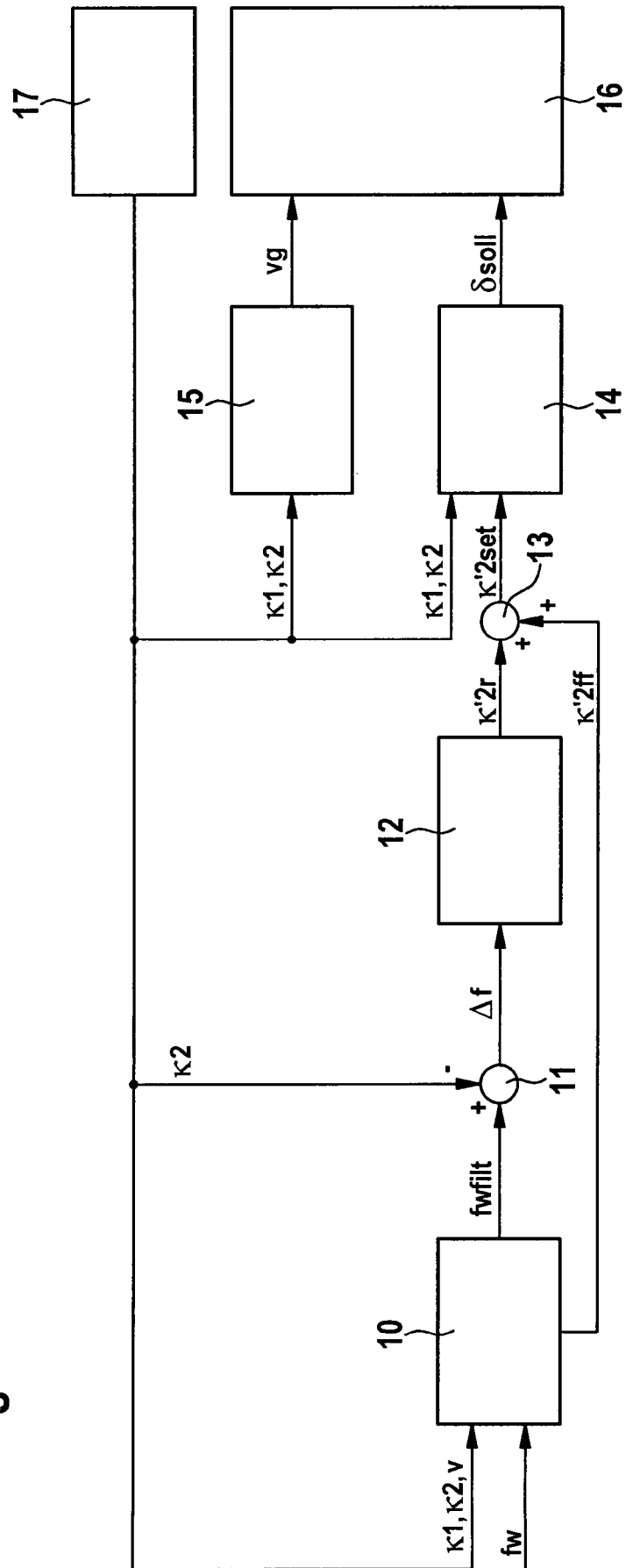




Fig. 2



**Fig. 3**

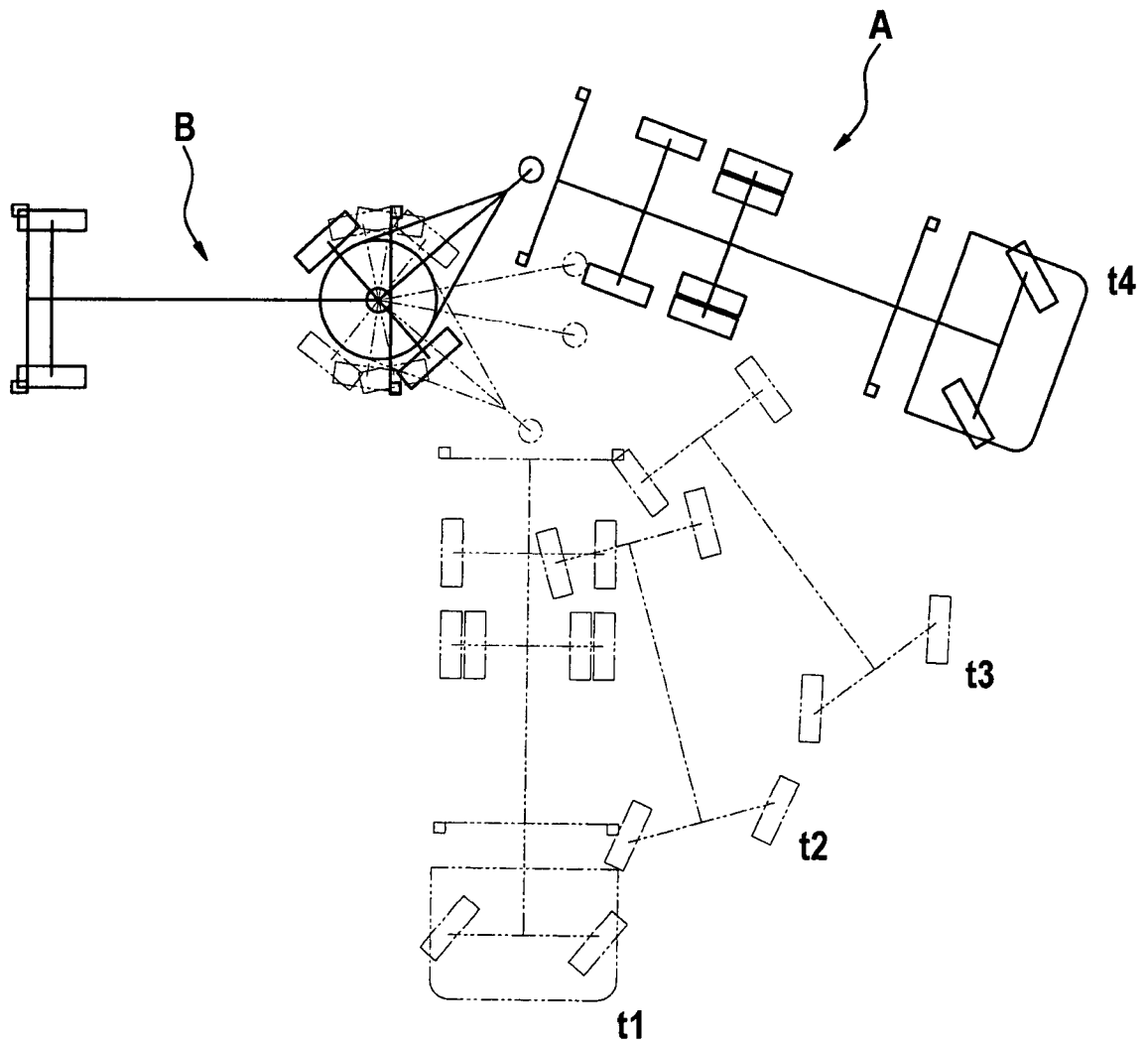


Fig. 4

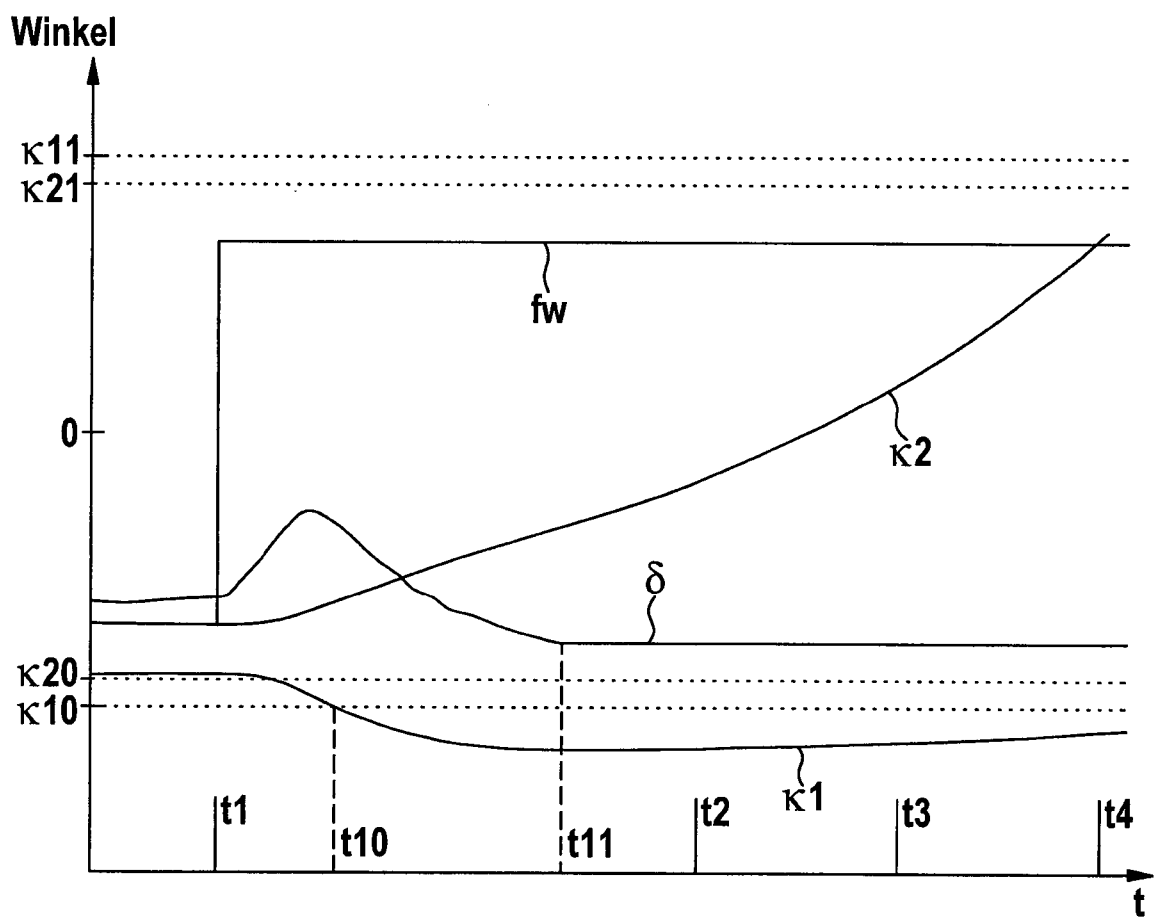


Fig. 5

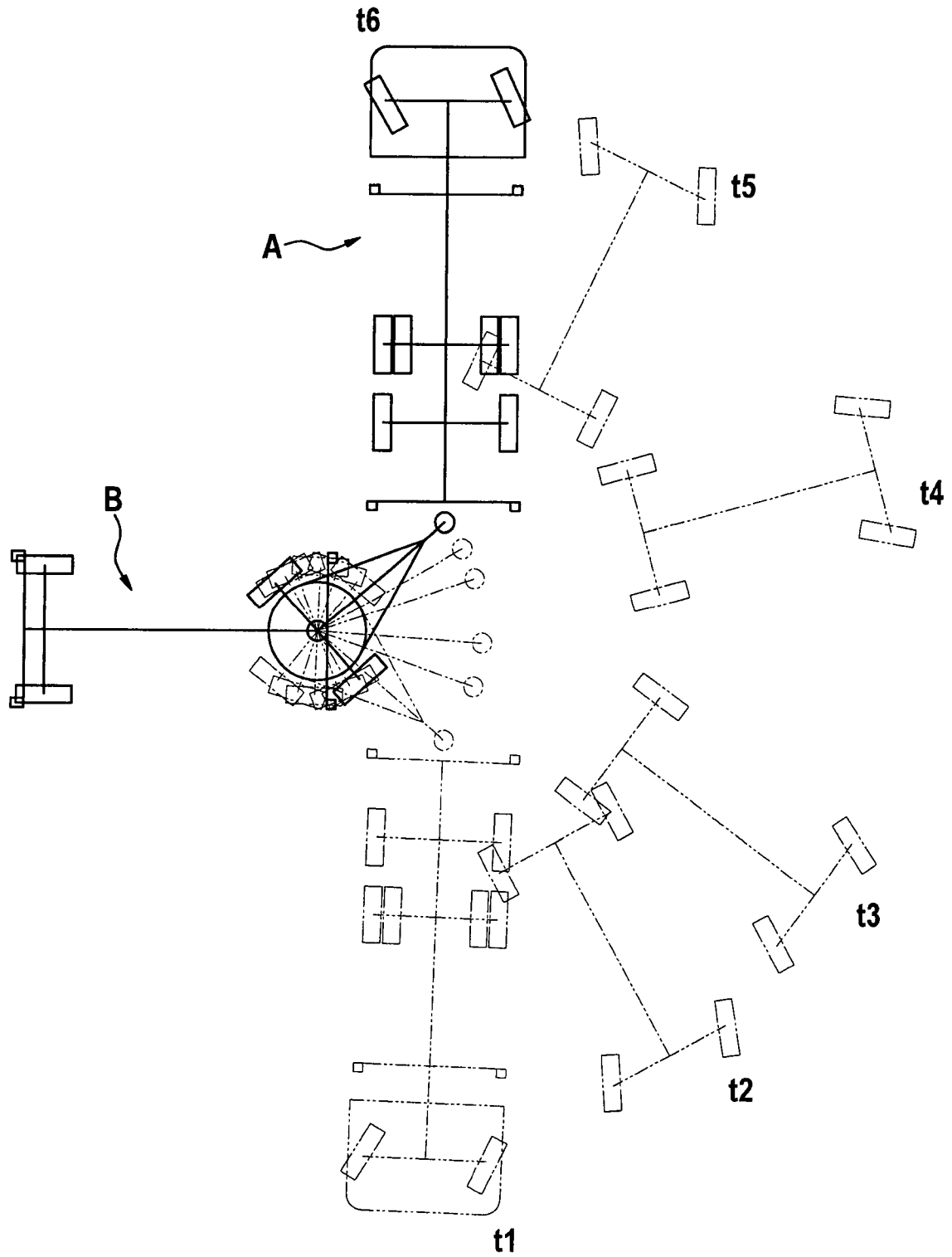


Fig. 6

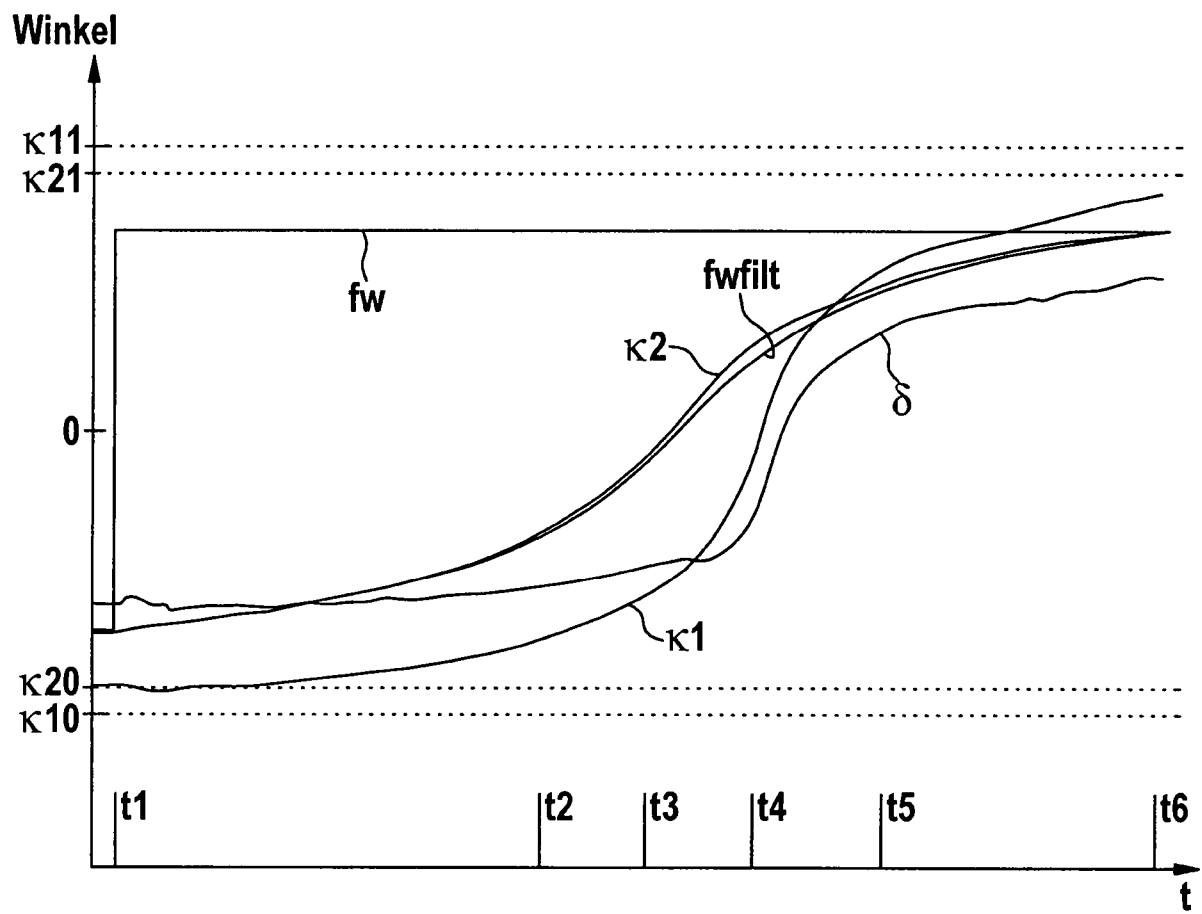


Fig. 7

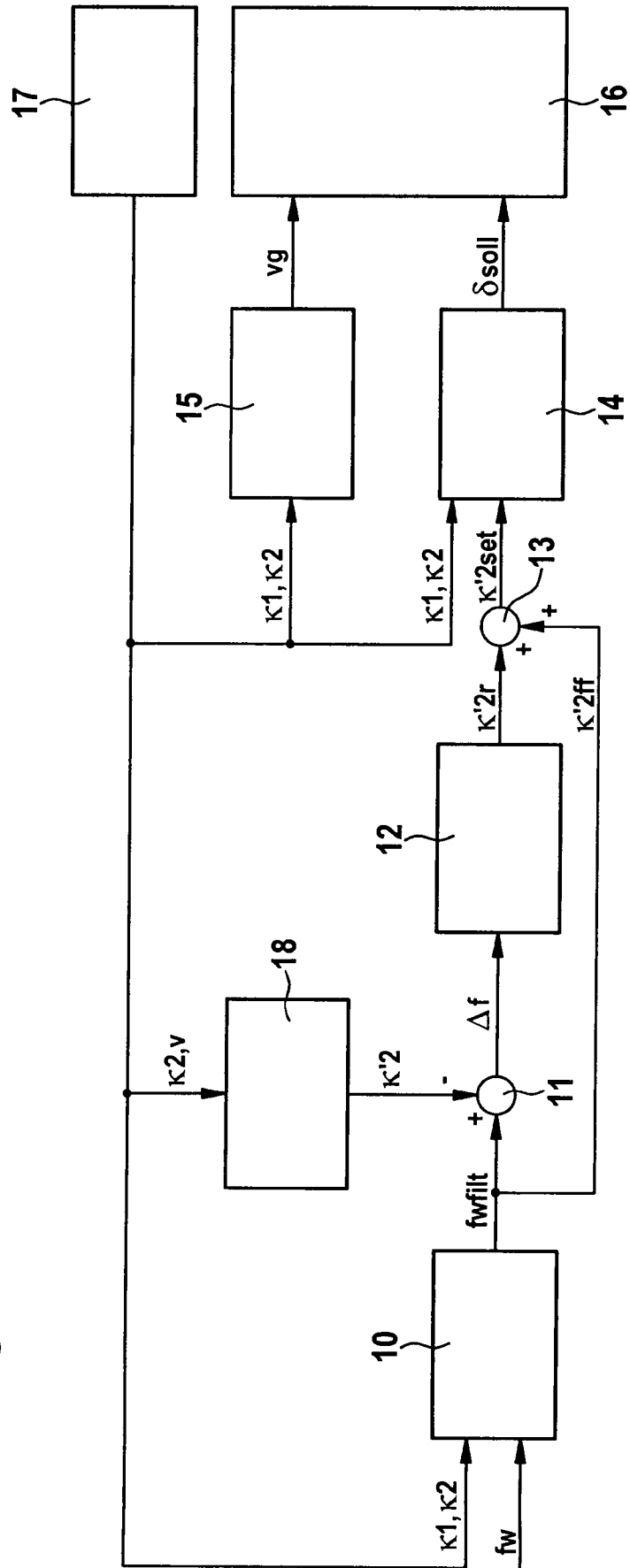


Fig. 8

