



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2023 201 705.9**

(22) Anmeldetag: **24.02.2023**

(43) Offenlegungstag: **29.08.2024**

(51) Int Cl.: **B62D 9/00 (2006.01)**

(71) Anmelder:
ZF CV Systems Global GmbH, Bern, CH

(74) Vertreter:
Alexas, Niko, 88046 Friedrichshafen, DE

(72) Erfinder:
**Brütt, Mirko, 31832 Springe, DE; Haverkamp,
Michael, 30453 Hannover, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

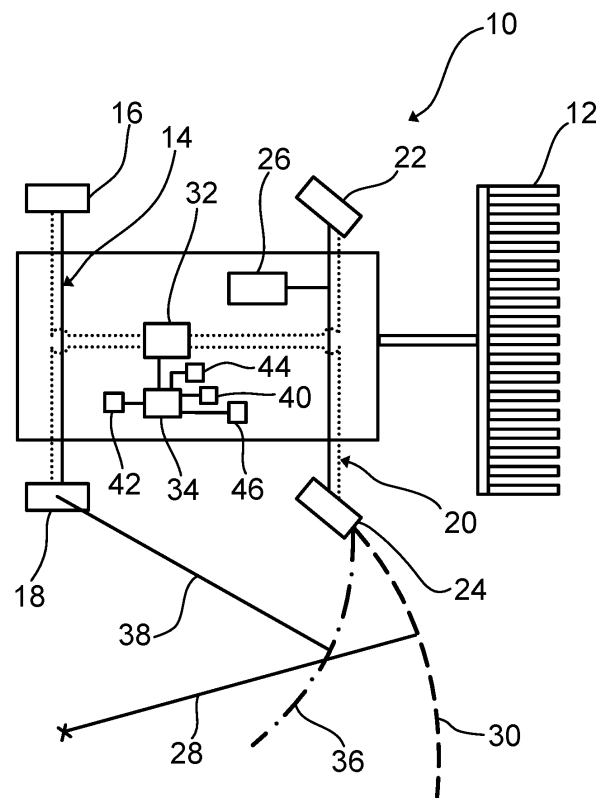
DE	100 29 819	C1
DE	32 08 393	A1
DE	42 24 887	A1
DE	10 2005 017 735	A1
DE	10 2007 022 614	A1
DE	10 2015 107 247	A1
DE	697 29 173	T2
GB	2 462 839	A
US	9 022 487	B2
EP	1 982 897	A1

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Lenksystem für eine Arbeitsmaschine**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft ein Lenksystem für eine Arbeitsmaschine (10) mit einer Lenkungsrichtung (26) und einer Betriebsbremse (32), wobei die Betriebsbremse (32) dazu ausgebildet ist, die Arbeitsmaschine (10) selektiv einseitig zu bremsen. Das Lenksystem weist eine Lenkunterstützungsvorrichtung (34) auf, welche dazu ausgebildet ist, ein Lenken der Arbeitsmaschine (10) durch ein automatisches Betätigen der Betriebsbremse (32) zum kurveninnenseitigen Bremsen der Arbeitsmaschine (10) zu unterstützen, um einen tatsächlichen Kurvenradius (38) gegenüber einem allein durch die Lenkungsrichtung (26) vorgegebenen Kurvenradius (28) zu verringern. Die Lenkunterstützungsvorrichtung (34) ist zwischen einem aktivierten Zustand und einem deaktivierten Zustand verstellbar. Zudem betrifft die Erfindung eine Arbeitsmaschine (10) und ein Verfahren.



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Lenksystem für eine Arbeitsmaschine, bei welchem durch eine Betriebsbremse ein Lenken zur Kurvenradiusreduktion unterstützt wird. Zudem bezieht sich die Erfindung auf eine Arbeitsmaschine und auf ein Verfahren zum Lenken einer Arbeitsmaschine.

Stand der Technik

[0002] Bei Arbeitsmaschinen, beispielsweise ausgebildet als Traktor, ist es gewünscht, einen besonders engen Lenkradius erzielen zu können. Beispielsweise soll bei Feldarbeiten an einem Feldende besonders eng gewendet werden können, um einen möglichst großen Teil des Felds bearbeiten zu können. Zu diesem Zweck kann eine Lenkungs- vorrichtung durch gezieltes einseitiges Bremsen unterstützt werden. Beispielsweise wird bei einem bremsunterstützten Lenken ein kurveninneres Rad durch eine Betriebsbremse gebremst oder sogar vollständig blockiert. Dadurch sind Lenkradien möglich, welche kleiner sind, als mit einem reinen Drehen gelenkter Räder um deren Hochachse möglich ist. Beispielsweise kann die Arbeitsmaschine bei einem regulären Lenken einen minimalen Kurvenradius von einigen Metern haben. Bei dem bremsunterstützten Lenken kann es dagegen möglich sein, auf der Stelle zu wenden.

[0003] In der DE 3 208 393 A1 ist beispielsweise eine übliche Bauweise einer bremsunterstützten Lenkungs- vorrichtung beschrieben. Dabei kann durch ein Betätigen eines linken Bremspedals oder eines rechten Bremspedals das linke Hinterrad bzw. das rechte Hinterrad gebremst werden, um solch einen kleinen Lenkradius zu erzielen. Die hierbei zusätzlich erforderliche Steuerung der Lenkunter- stützung mittels Bremsen eines Hinterrads durch den Fahrer mittels der zwei Bremspedale ist jedoch komplex und erfordert viel Aufmerksamkeit. Entsprechend kann es schnell zu einer Fehlbedienung kommen, bei welcher das falsche Rad gebremst wird, nicht beide Räder gleichzeitig gebremst werden oder eine Bremskraft bei dem kurveninneren Rad nicht zu dem gewünschten Fahrverhalten passt.

[0004] In der EP 1 982 897 A1 und der US 9,022,487 B2 sind bremsunterstützte Lenkungs- vorrichtungen beschrieben, bei welchen eine Bremskraft auf das kurveninnere Rad elektronisch gesteuert wird. Bei diesen Systemen ist die Bremsunterstützung der Lenkungs- vorrichtung dauerhaft aktiviert, sodass ein Bremsen des kurveninneren Rads in Situationen erfolgen kann, welche vom Fahrer unerwünscht sind.

[0005] Eine Bremsunterstützung von einer Lenkungs- vorrichtung bei Arbeitsmaschinen soll wenig Aufmerksamkeit und Kontrolle durch den Fahrer erfordern. Gleichzeitig soll die Bremsunterstützung der Lenkunterstützung nicht in unerwünschten Situationen erfolgen. Grundsätzlich soll der Fahrer bei der Benutzung eines solchen Systems entlastet werden, um ein sicheres und komfortables Fahren zu vereinfachen.

Darstellung der Erfindung

[0006] Ein erster Aspekt betrifft ein Lenksystem für eine Arbeitsmaschine mit einer Lenkungs- vorrichtung und einer Betriebsbremse. Die Lenkungs- vorrichtung kann dazu ausgebildet sein, eine Fahrtrichtung der Arbeitsmaschine zu steuern. Beispielsweise kann mit der Lenkungs- vorrichtung nach links oder rechts gesteuert werden. Die Lenkungs- vorrichtung kann beispielsweise ein Lenkrad und alternativ oder zusätzlich einen Joystick zum Steuern der Arbeitsmaschine aufweisen. Die Lenkungs- vorrichtung kann beispielsweise zwei Vorderräder durch deren Betätigung um eine Hochachse drehen. Die Lenkungs- vorrichtung kann beispielsweise mechanisch mit diesen lenkbaren Rädern verbunden sein. Die Lenkungs- vorrichtung kann aber beispielsweise auch für ein hydraulisches Lenken ausgebildet sein. Dann werden durch das Steuerrad oder den Joystick beispielsweise jeweilige Lenkzylinder betätigt, welche mit einem hydraulischen Druck die Räder um deren Hochachse verdrehen. Damit können die Räder entsprechend nach links oder rechts gedreht werden, um eine Linkskurve oder eine Rechtskurve zu fahren.

[0007] Eine Arbeitsmaschine kann beispielsweise als Landmaschine oder Baumaschine ausgebildet sein. Beispiele für eine Landmaschine sind ein Mähdrescher und ein Traktor. Eine Baumaschine kann beispielsweise als Kipplader ausgebildet sein.

[0008] Arbeitsmaschinen werden üblicherweise nicht nur auf einer Straße eingesetzt, sondern auch um im Gelände oder auf Baustellen. Deswegen kann es besondere Anforderungen an deren Lenkbarkeit geben. Beispielsweise ist bei einem Einsatz auf einem Feld ein besonders enger Kurvenradius gewünscht.

[0009] Eine Betriebsbremse kann die Arbeitsmaschine verzögern. Beispielsweise können mit der Betriebsbremse alle Räder der Arbeitsmaschine gleichzeitig gebremst werden, um eine Fahr- geschwindigkeit der Arbeitsmaschine zu verringern. Die Betriebsbremse kann dafür beispielsweise Scheibenbremsen oder Trommelbremsen an jedem Rad der Arbeitsmaschine aufweisen. Eine Betriebsbremse kann beispielsweise ebenfalls hydraulisch betätigbar sein. Eine Betriebsbremse kann aber

auch direkt mechanisch betätigbar sein, beispielsweise durch ein Bremspedal. In einem normalen Fahrbetrieb werden bei einer Betätigung der Betriebsbremse, beispielsweise durch ein Drücken auf das Bremspedal, alle Räder der Arbeitsmaschine gleichzeitig und gleichmäßig abgebremst. Selektives Bremsen kann in diesem Kontext bedeuten, dass die Betriebsbremse so gesteuert werden kann, dass beispielsweise nur die Bremsen an einem Rad oder auf einer Seite der Arbeitsmaschine betätigt werden. Dieses selektive Betätigen oder Bremsen kann dabei mit einem anderen Betätigen der Betriebsbremse überlagert werden. Beispielsweise kann zusätzlich eine Fahrgeschwindigkeit der Arbeitsmaschine insgesamt verzögert werden, indem beispielsweise an allen Rädern eine Bremskraft aufgebracht wird. So kann sich insgesamt ein asymmetrisches Bremsen ergeben, bei welchem zwar alle Räder gebremst werden, aber kurveninnenseitig stärker gebremst wird, um einen Kurvenradius zu verringern. Die Bremssteuerung kann beispielsweise auch mit einem Torque Vectoring oder einem ESP-System überlagert werden. Beispielsweise kann entsprechend an den kurveninnenseitigen Bremsen eine größere Bremskraft erzeugt werden als an den kurvenäußeren Bremsen. Bei dem Unterstützen der Lenkung durch Bremskraft wird beispielsweise nur oder stärker als andere Räder ein kurveninneres Hinterrad gebremst. Dadurch kann sich eine besonders starke Lenkwirkung durch das Bremsen zur Lenkunterstützung ergeben. Das entsprechend selektiv zu bremsende Rad wird beispielsweise automatisch in Abhängigkeit von einer erfassten Fahrtrichtung und alternativ oder zusätzlich von einer erfassten Kurvenrichtung ausgewählt. Bei dem Unterstützen der Lenkung durch die Betriebsbremse kann durch die Lenkunterstützungsvorrichtung beispielsweise ein Bremsen der vorderen Räder deaktiviert werden. Dadurch kann eine besonders große Lenkunterstützung erzielt werden.

[0010] Die Betriebsbremse kann beispielsweise Bremsen an einzelnen Rädern für das selektive Bremsen direkt elektrisch betätigen. Eine hydraulisch betätigbare Betriebsbremse kann beispielsweise Steuerventile aufweisen, mit welchen eine Übertragung eines Bremsdrucks an Bremsen einzelner Räder abschaltbar ist. Die Betriebsbremse kann eine Bremssteuervorrichtung aufweisen, welche die Bremskraft an den einzelnen Rädern steuern kann.

[0011] Das Lenksystem weist eine Lenkunterstützungsvorrichtung auf, welche dazu ausgebildet ist, ein Lenken der Arbeitsmaschine durch ein automatisches Betätigen der Betriebsbremse zum kurveninnenseitigen Bremsen der Arbeitsmaschine zu unterstützen. Bei dem Unterstützen der Lenkung der Arbeitsmaschine kann somit ein kurveninneres Rad verzögert werden. Dadurch kann sich eine Relativgeschwindigkeit zwischen kurveninneren und kurven-

äußeren Rädern ergeben, welche ebenfalls ein Lenken nach links oder rechts bedingen kann. Durch beispielsweise ein selektives Bremsen jeweiliger kurveninnerer Räder kann die Arbeitsmaschine also ebenfalls in eine Richtung gelenkt werden. Ein solcher Lenkeffekt der Betriebsbremse und ein Lenkeffekt der Lenkungsvorrichtung können sich beispielsweise additiv überlagern, um eine insgesamt größere Lenkung zu erzielen. Die zusätzliche Lenkung mittels der Betriebsbremse kann das Lenken mittels der Lenkvorrichtung unterstützen. Die Betriebsbremse muss zur Lenkungsunterstützung bei der Kurvenfahrt beispielsweise nicht mehr manuell betätigt werden. Alternativ ist auch eine manuelle Betätigung bei der Kurvenfahrt möglich, wobei jedoch eine Stärke der Bremskraft automatisch eingestellt wird und der Fahrer lediglich die Unterstützung der Lenkung durch die Betriebsbremse anfordert.

[0012] Durch das Unterstützen des Lenkens der Arbeitsmaschine mit der Betriebsbremse kann ein tatsächlicher Kurvenradius gegenüber einem allein durch die Lenkungsvorrichtung vorgegebenen Kurvenradius verringert werden. Der tatsächliche Kurvenradius kann beispielsweise ein Radius sein, mit welchem die Arbeitsmaschine durch eine Kurve fährt. Dieser Radius kann sich während der Kurvenfahrt verändern oder konstant sein. Der durch die Lenkungsvorrichtung vorgegebenen Kurvenradius kann beispielsweise ein Radius sein, mit welchem die Arbeitsmaschine durch die Kurve fahren würde, wenn die Betriebsbremse nicht die Lenkung unterstützen würde. Eine Kurveninnenseite kann beispielsweise die Seite sein, in welche bei der Kurvenfahrt gelenkt wird. Bei einer Rechtskurve kann die Kurveninnenseite auf einer rechten Seite der Arbeitsmaschine liegen. Bei einer Linkskurve kann entsprechend Kurveninnenseite auf einer linken Seite der Arbeitsmaschine liegen.

[0013] Das Betätigen von ausgewählten einzelnen Bremsen der Betriebsbremse zum Unterstützen der Lenkung kann in einem einfachen Fall eine fest vorgegebene Bremskraft bei dieser einzelnen Bremse erzeugen. Die Bremskraft kann aber auch in Abhängigkeit von anderen Größen verändert werden. Beispielsweise kann bei der einzelnen Bremse in Abhängigkeit von einer Fahrervorgabe eine stärkere oder weniger starke Bremskraft erzeugt werden. Durch das Unterstützen der Lenkung mittels Bremskraft kann beispielsweise ein kurveninneres Hinterrad stillstehen, während kurvenäußere Räder und ein kurveninneres Vorderrad weiter rotieren. Dadurch kann beispielsweise das kurveninnere Hinterrad einen Mittelpunkt eines Lenkradius bilden, um welchen die kurvenäußeren Räder fahren. Durch das Unterstützen der Lenkung mittels Bremskraft kann beispielsweise ein Kurvenradius erzielt werden, welcher kleiner ist als ein rein durch die Lenkungsvorrichtung vorgegebener Kurvenradius.

[0014] Die Lenkunterstützungsvorrichtung kann zwischen einem aktivierten Zustand und einem deaktivierten Zustand verstellbar sein. In dem aktivierten Zustand erfolgt beispielsweise das automatische Betätigen der Betriebsbremse zum kurveninnenseitigen Bremsen der Arbeitsmaschine zum Unterstützen der Lenkung. In dem aktivierten Zustand kann also beispielsweise automatisch der tatsächlich gefahrene Kurvenradius durch die Betriebsbremse gegenüber einem allein durch die Lenkungsvorrichtung vorgegebenen Kurvenradius reduziert werden. In dem deaktivierten Zustand wird dagegen beispielsweise die Betriebsbremse nicht mehr durch die Lenkunterstützungsvorrichtung gesteuert. In dem deaktivierten Zustand der Lenkunterstützungsvorrichtung wird die Arbeitsmaschine beispielsweise rein durch die Lenkungsvorrichtung gelenkt. Die Betriebsbremse bleibt dagegen insgesamt aktiviert während des Betriebs der Arbeitsmaschine, um so die Arbeitsmaschine unabhängig von dem Zustand der Lenkunterstützungsvorrichtung verzögern zu können.

[0015] Der Fahrer wird so erheblich bei dem Steuern der Arbeitsmaschine unterstützt. Beispielsweise kann der Fahrer einmalig zu Beginn einer Arbeit, bei welcher die Lenkunterstützung mit der Betriebsbremse gewünscht ist, wie beispielsweise einem Mähen eines Feldes, die Lenkunterstützungsvorrichtung aktivieren. Anschließend kann der Fahrer die Arbeitsmaschine lediglich mit dem Lenkrad steuern und die Unterstützung durch die Betriebsbremse erfolgt automatisch. Der Fahrer muss zumindest nicht mehr ein linkes und ein rechtes Bremspedal und dort gegebenenfalls einen jeweiligen Betätigungsweg der Pedale koordinieren, um die Unterstützung von einem Lenken mit der Lenkvorrichtung durch die Betriebsbremse zu koordinieren.

[0016] In einer Ausführungsform des Lenksystems ist es vorgesehen, dass die Lenkunterstützungsvorrichtung ein erstes Bedienmittel aufweist. Die Lenkunterstützungsvorrichtung kann durch einen Fahrer der Arbeitsmaschine manuell zwischen dem aktivierten und deaktivierten Zustand mittels des ersten Bedienmittels verstellbar sein. Für die Verstellung kann der Fahrer das erste Bedienmittel beispielsweise betätigen. Das erste Bedienmittel kann beispielsweise ein Hebel, ein Knopf oder ein Schalter sein. Das erste Bedienmittel kann für eine Betätigung durch eine Hand des Fahrers der Arbeitsmaschine ausgebildet sein. Das erste Betriebsmittel kann beispielsweise eine erste Stellung aufweisen, in welcher die Lenkunterstützungsvorrichtung aktiviert ist, und eine zweite Stellung, in welcher die Lenkunterstützungsvorrichtung deaktiviert ist. Das erste Betriebsmittel kann aber auch beispielsweise mehrfach betätigt werden, um zwischen den beiden Zuständen der Lenkunterstützungsvorrichtung hin und her zu schalten. Das erste Betriebsmittel kann dabei nach jeder

Betätigung in seiner Ausgangsstellung zurückkehren. Durch das erste Bedienmittel kann der Fahrer die Lenkunterstützungsvorrichtung einfach aktivieren und deaktivieren. Das erste Bedienmittel kann beispielsweise zu jeweiligen Fahrsteuerelementen der Arbeitsmaschine verschieden sein. Damit kann ein Risiko versehentlichen Aktivierung gering sein. Beispielsweise kann das erste Bedienmittel nicht einem Fahrpedal oder Bremspedal der Arbeitsmaschine entsprechen.

[0017] In einer Ausführungsform des Lenksystems ist es vorgesehen, dass die Lenkunterstützungsvorrichtung dazu ausgebildet ist, die Betriebsbremse zur Lenkunterstützung in Abhängigkeit von einem erfassten Fahrzeugzustand automatisch zu betätigen. Dadurch kann das kurveninnenseitige Bremsen und damit die Lenkunterstützung an jeweilige Fahrzustände angepasst erfolgen. Beispielsweise kann eine Bremskraft des kurveninneren Hinterrads in Abhängigkeit von dem erfassten Fahrzeugzustand eingestellt werden. Zudem kann die Lenkunterstützung automatisch nur erfolgen, wenn diese tatsächlich notwendig oder durch den Fahrer gewünscht ist. Ebenso kann trotz aktivierter Lenkunterstützungsvorrichtung beispielsweise nicht bei jeder Kurvenfahrt oder bei jedem Lenken der Arbeitsmaschine eine Verringerung des Kurvenradius durch die Betriebsbremse bewirkt werden. Beispielsweise kann eine Bremskraft des kurveninneren Rads oder eine Bremskraftdifferenz zwischen einem kurvenäußeren Hinterrad und einem kurveninneren Hinterrad in Abhängigkeit von dem erfassten Fahrzeugzustand durch die Lenkunterstützungsvorrichtung eingestellt werden. Beispielsweise kann das Betätigen der Betriebsbremse zum Unterstützen des Lenkens nur erfolgen, sofern eine Fahrgeschwindigkeit der Arbeitsmaschine oberhalb eines ersten Schwellwerts ist und alternativ oder zusätzlich unterhalb eines zweiten Schwellwerts. Dadurch kann ein Verursachen einer instabilen Fahrlage durch die Lenkungsunterstützung mit der Betriebsbremse bei zu hohen Fahrgeschwindigkeiten vermieden werden. Alternativ oder zusätzlich kann dadurch ein Blockieren einer Fahrbewegung oder ein übermäßiges Verlangsamten der Arbeitsmaschine durch die Lenkungsunterstützung mit der Betriebsbremse bei zu geringeren Fahrgeschwindigkeiten vermieden werden. Dadurch kann eine Geländegängigkeit der Arbeitsmaschine hoch sein. Das Betätigen der Betriebsbremse zum Unterstützen des Lenkens kann auch nur erfolgen, sofern ein Lenken oberhalb eines dritten Schwellwerts ist und alternativ oder zusätzlich unterhalb eines vierten Schwellwerts. Ein Lenken kann ein Lenkwinkel oder beispielsweise eine Lenkrate sein, womit die Arbeitsmaschine deren Fahrtrichtung ändert. So kann beispielsweise ein einseitiges Bremsen bei geringfügigen Korrekturen einer Fahrtrichtung, wie dies beispielsweise im Gelände häufig notwendig ist, vermieden werden.

[0018] In einer Ausführungsform des Lenksystems ist es vorgesehen, dass der erfasste Fahrzeugzustand eine Fahrgeschwindigkeit als Information aufweist. Die Fahrgeschwindigkeit der Arbeitsmaschine kann einen großen Einfluss auf den Kurvenradius und ein Fahrverhalten der Arbeitsmaschine bei einseitigem Bremsen zur Lenkunterstützung haben. Zudem kann eine Fahrgeschwindigkeit einen großen Einfluss darauf haben, wieviel Bremskraft notwendig ist, um eine gewünschte Lenkunterstützung durch das automatische einseitige Bremsen durch die Lenkunterstützungsvorrichtung zu erzielen. Bei hohen Fahrgeschwindigkeiten wird beispielsweise stärker durch die Lenkunterstützungsvorrichtung auf der Kurveninnenseite gebremst.

[0019] In einer Ausführungsform des Lenksystems ist es vorgesehen, dass der erfasste Fahrzeugzustand ein Lenken als Information aufweist. Das Lenken als Information kann beispielsweise einer Vorgabe eines Lenkwinkels durch die Lenkungsvorrichtung entsprechen. Das Lenken kann beispielsweise einer Lenkeingabe durch den Fahrer entsprechen, wie einer rotatorischen Position des Lenkrads. Daran angepasst kann dann die kurveninnenseitige Bremse durch die Lenkunterstützungsvorrichtung betätigt werden.

[0020] In einer Ausführungsform des Lenksystems ist es vorgesehen, dass der erfasste Fahrzeugzustand eine Betätigung eines zweiten Bedienmittels als Information aufweist. Das zweite Bedienmittel kann Teil des Lenksystems und alternativ oder zusätzlich der Arbeitsmaschine sein. Durch das zweite Bedienmittel kann der Fahrer bei einer Kurvenfahrt die Unterstützung des Lenkens durch das kurveninnenseitige Bremsen anfordern und alternativ oder zusätzlich die Richtung der Unterstützung vorgeben. Die Lenkunterstützungsvorrichtung bestimmt dann beispielsweise automatisch, welche Bremsen und optional wie stark diese Bremsen zur Lenkunterstützung betätigt werden müssen. Das zweite Bedienmittel kann beispielsweise als Blinkerhebel ausgebildet sein. Alternativ kann das zweite Bedienmittel auch als Knopf, anderer Hebel oder Schalter ausgebildet sein. Das zweite Bedienmittel kann beispielsweise ein erste Bedienrichtung für eine Bremsunterstützung in eine erste Lenkrichtung und eine zweite Bedienrichtung für eine Bremsunterstützung in eine zweite Lenkrichtung aufweisen. Dadurch kann der Fahrer vorgeben, in welche Richtung die Lenkunterstützung erfolgen soll. Das zweite Bedienmittel kann beispielsweise nur eine Stellung in jede Bedienrichtung aufweisen und eine Neutralstellung. Dann wird beispielsweise proportional zu einem Lenkwinkel oder immer gleich stark mit einer festen Bremskraft das Lenken unterstützt. Das zweite Bedienmittel kann beispielsweise auch zwei oder mehr Stellung in wenigstens einer oder beiden Bedienrichtungen aufweisen. Beispielsweise kann

der Blinkerhebel um bis zu drei Stellungen nach oben verstellt werden. Dann wird beispielsweise proportional, beispielsweise in Abhängigkeit von einem Lenkwinkel oder mit einer festen Bremskraft pro Stellung, das Lenken nach Links unterstützt. Je stärker der Blinkerhebel ausgelenkt wird, desto stärker wird das Lenken dann durch Bremskraft unterstützt.

[0021] In einer Ausführungsform des Lenksystems ist es vorgesehen, dass das Lenksystem eine Fahrzeugzustandserfassungsvorrichtung aufweist, welche dazu ausgebildet ist, für die Erfassung des Fahrzeugzustands eine Betätigung eines Lenkelements der Arbeitsmaschine zu erfassen. Das Lenkelement kann beispielsweise als ein Lenkrad oder Joystick ausgebildet sein. Durch die Auslenkung des Lenkelements kann beispielsweise die Lenkungsvorrichtung von dem Fahrer gesteuert werden. Dadurch kann beispielsweise abgeleitet werden, welche Seite der Arbeitsmaschine die kurveninnere Seite ist. Das Lenkelement kann direkt elektrische Steuerungssignale erzeugen, auch für die Lenkunterstützungsvorrichtung. Beispielsweise kann das als Joystick ausgebildete Lenkelement einer Drive-by-Wire Steuerung direkt elektrische Steuerungssignale für die Lenkunterstützungsvorrichtung und für eine hydraulische oder elektrische Lenkungsvorrichtung der Arbeitsmaschine erzeugen. Bei einem Lenkrad kann beispielsweise durch einen Stellungssensor eine Winkelstellung des Lenkrads als dessen Betätigung erfasst werden. Das Lenkelement kann dann beispielsweise die gelenkten Räder direkt mechanisch um deren Hochachse drehen.

[0022] Alternativ oder zusätzlich ist es vorgesehen, dass die Fahrzeugzustandserfassungsvorrichtung dazu ausgebildet ist, eine erste Drehzahl eines ersten Rads auf einer ersten Fahrzeugseite und eine zweite Drehzahl eines zweiten Rads auf einer zweiten Fahrzeugseite zu erfassen. Die erste Fahrzeugseite kann der zweiten Fahrzeugseite entgegengesetzt sein. Die erste Fahrzeugseite kann beispielsweise eine linke Seite und die zweite Fahrzeugseite eine rechte Seite sein. Ein Rad kann beispielsweise als Geländereifen ausgebildet sein, mittels welchem die Arbeitsmaschine auf dem Untergrund steht. Die Fahrzeugzustandserfassungsvorrichtung kann dazu ausgebildet sein, eine Differenzdrehzahl zum Bestimmen einer Kurvenfahrt zu berechnen. Beispielsweise kann die Fahrzeugzustandserfassungsvorrichtung die zweite Drehzahl von der ersten Drehzahl subtrahieren, um eine Differenzdrehzahl zu bestimmen. Von der Differenzdrehzahl kann auf die Kurvenfahrt geschlossen werden, da ein gefahrener Radius der beiden Räder unterschiedlich sein kann. Beispielsweise muss ein kurvenäußeres Rad mit einer größeren Geschwindigkeit drehen als ein kurveninneres Rad, sofern die Räder nicht schlupfen. Die Fahrzeugzustandserfassungsvorrichtung kann dafür beispielsweise an dem ersten

Rad und dem zweiten Rad jeweils einen Drehzahlsensor aufweisen. Die Fahrzeugzustandserfassungsvorrichtung kann beispielsweise auch die Drehzahlen von allen Rädern erfassen und miteinander verrechnen, um die Kurvenfahrt zu bestimmen. Die Kurvenfahrt kann beispielsweise eine Rate aufweisen, mittels welcher die Arbeitsmaschine deren Fahrtrichtung ändert. Die Bezeichnung als erste Drehzahl und als zweite Drehzahl kann beispielsweise lediglich zur Zuordnung zu den beiden Rädern dienen. Das erste Rad dreht beispielsweise nur mit einer einzigen Drehzahl.

[0023] Alternativ oder zusätzlich ist es vorgesehen, dass die Fahrzeugzustandserfassungsvorrichtung dazu ausgebildet ist, eine Winkelstellung von einer lenkbaren Achse der Arbeitsmaschine zu erfassen. Eine lenkbare Achse kann eine Achse sein, bei welcher jeweilige Räder zum Steuern der Arbeitsmaschine um die Hochachse drehbar sind. Die Fahrzeugzustandserfassungsvorrichtung kann dafür Stellungssensoren aufweisen. Die Winkelstellung kann ein Drehwinkel jeweiliger Räder bezüglich einer Neutralstellung, in welcher die Arbeitsmaschine geradeaus fährt, entsprechen. Dadurch kann beispielsweise die tatsächliche Lenkung der Arbeitsmaschine durch die lenkbare Achse berücksichtigt werden.

[0024] Alternativ oder zusätzlich ist es vorgesehen, dass die Fahrzeugzustandserfassungsvorrichtung dazu ausgebildet ist, einen Hydraulikdruck einer als hydraulischen Lenkungsvorrichtung ausgebildeten Lenkungsvorrichtung der Arbeitsmaschine zu erfassen. Der Hydraulikdruck kann zu dem Lenken der Arbeitsmaschine korrespondieren. Der Hydraulikdruck kann einfach erfasst werden, beispielsweise mittels Drucksensoren. Der Hydraulikdruck kann beispielsweise ein Druck in einem Stellzylinder der hydraulischen Lenkungsvorrichtung sein.

[0025] Alternativ oder zusätzlich ist es vorgesehen, dass die Fahrzeugzustandserfassungsvorrichtung dazu ausgebildet ist, eine Gierrate der Arbeitsmaschine zu erfassen. Eine Gierrate kann einer Rotationsgeschwindigkeit der Arbeitsmaschine um eine Hochachse entsprechen. Die Gierrate kann beispielsweise mittels eines Gyroskops oder mittels Beschleunigungssensoren erfasst werden. Die Gierrate kann der tatsächlichen Kurvenfahrt entsprechen, ohne dass beispielsweise ein Schlupf aufgrund eines rutschigen Untergrunds die Messsignale verfälscht.

[0026] Eine einseitige Bremskraft kann durch die Lenkunterstützungsvorrichtung beispielsweise als fester Wert oder proportionaler Wert zu den erfassten und berücksichtigten Sensordaten zur Unterstützung des Lenkens der Arbeitsmaschine eingestellt werden. Die einseitige Bremskraft kann auch schritt-

weise durch Berücksichtigung von Schwellwerten bei den erfassten und berücksichtigten Sensordaten eingestellt werden.

[0027] In einer Ausführungsform des Lenksystems ist es vorgesehen, dass das Lenksystem eine Prädiktionsvorrichtung aufweist, welche dazu ausgebildet ist, einen Einfluss der automatischen Betätigung der Betriebsbremse zur Lenkunterstützung zu präzisieren. Die Prädiktionsvorrichtung kann beispielsweise einen Mikroprozessor aufweisen. Die Prädiktionsvorrichtung kann einen Einfluss der automatischen Betätigung der Betriebsbremse beispielsweise durch einen tabellarischen Vergleich präzisieren. Beispielsweise kann bei einer bestimmten Fahrgeschwindigkeit, einem bestimmten Lenkwinkel und einer bestimmten einseitigen Bremskraft zur Lenkunterstützung tabellarisch hinterlegt sein, inwiefern diese einseitige Bremskraft eine Gierrate der Arbeitsmaschine verstärkt. Die Lenkunterstützungsvorrichtung kann dazu ausgebildet sein, die Betriebsbremse zur Lenkunterstützung in Abhängigkeit von dem präzisierten Einfluss der automatischen Betätigung der Betriebsbremse zur Lenkunterstützung zu betätigen. Beispielsweise kann die so prädisierte Verstärkung der Gierrate bei deren Berücksichtigung zur Steuerung der einseitigen Bremskraft herausgerechnet werden. So kann ein sich selbst verstärkendes System, bei welchem aufgrund einer Vergrößerung der Gierrate aufgrund der Lenkunterstützung durch die einseitige Bremskraft eine noch stärkere einseitige Bremskraft verursacht wird, vermieden werden. Durch die Berücksichtigung von dem präzisierten Einfluss der automatischen Betätigung der Betriebsbremse zur Lenkunterstützung kann eine sich selbst verstärkende Regelung vermieden werden.

[0028] In einer Ausführungsform des Lenksystems ist es vorgesehen, dass das Lenksystem eine Statusindikatorvorrichtung aufweist, welche dazu ausgebildet ist, dem Fahrer der Arbeitsmaschine einen aktivierten Zustand der Lenkunterstützungsvorrichtung zu signalisieren. Die Statusindikatorvorrichtung kann alternativ oder zusätzlich dazu ausgebildet sein, dem Fahrer der Arbeitsmaschine einen deaktivierten Zustand der Lenkunterstützungsvorrichtung zu signalisieren. Durch das Signalisieren des Zustands der Lenkunterstützungsvorrichtung weiß der Fahrer, wie ein Lenkverhalten der Arbeitsmaschine sein wird. Dadurch kann beispielsweise vermieden werden, dass der Fahrer beim Lenken unerwünscht oder überraschend durch die Betriebsbremse unterstützt wird, beispielsweise wenn der Fahrer auf einer Landstraße mit der Arbeitsmaschine mit hoher Geschwindigkeit fährt. Die Statusindikatorvorrichtung kann beispielsweise dazu ausgebildet sein, den Zustand der Lenkunterstützungsvorrichtung akustisch und alternativ oder zusätzlich optisch zu signalisieren. Beispielsweise kann die Statusindikatorvorrichtung eine Status-

leuchte, einen Bildschirm oder einen Lautsprecher aufweisen. Beispielsweise kann die Statusleuchte platzsparend in dem ersten Bedienmittel, mittels welchem der Zustand der Lenkunterstützungsvorrichtung verstellbar ist, integriert sein. Beispielsweise kann ein Knopf zum Verstellen des Zustands der Lenkunterstützungsvorrichtung eine Hinterleuchtung aufweisen, welche bei aktivierter Lenkunterstützungsvorrichtung aufleuchtet.

[0029] In einer Ausführungsform des Lenksystems ist es vorgesehen, dass das Lenksystem eine Abschaltvorrichtung aufweist, welche dazu ausgebildet ist, die Lenkunterstützungsvorrichtung automatisch in den deaktivierten Zustand zu verstellen. Durch die Abschaltvorrichtung kann automatisch, beispielsweise in Abhängigkeit von Fahrzuständen, einer Aktivierungsdauer oder nach einem Neustart der Arbeitsmaschine, die Lenkunterstützungsvorrichtung deaktiviert werden. Dadurch kann der Fahrer bei der Steuerung der Arbeitsmaschine unterstützt werden, da die Lenkunterstützungsvorrichtung in unerwünschten Zuständen nicht mehr aktiviert ist. Das Deaktivieren kann beispielsweise dauerhaft erfolgen. Eine Reaktivierung der Lenkunterstützungsvorrichtung muss dann manuell durch den Fahrer erfolgen. Die Deaktivierung kann aber beispielsweise auch nur temporär erfolgen. Beispielsweise kann die Lenkunterstützungsvorrichtung nach einer vorbestimmten Zeitdauer wieder automatisch aktiviert werden. Die Lenkunterstützungsvorrichtung kann beispielsweise auch nach einem Wegfall einer Abschaltbedingung automatisch wieder aktiviert werden. Dadurch kann die Lenkunterstützungsvorrichtung mit hoher Wahrscheinlichkeit aktiviert sein, wenn dies hilfreich für das Lenken der Arbeitsmaschine ist.

[0030] In einer Ausführungsform des Lenksystems ist es vorgesehen, dass die Abschaltvorrichtung dazu ausgebildet ist, die Lenkunterstützungsvorrichtung automatisch in den deaktivierten Zustand in Abhängigkeit von einer vorliegenden Abschaltbedingung zu verstellen. Eine Abschaltbedingung kann beispielsweise ein Fahrzustand oder ein Zustand des Lenksystems sein, in welchem eine Lenkunterstützung durch die einseitige Betätigung der Betriebsbremse unerwünscht ist. Dadurch kann das Lenksystem besonders komfortabel und sicher zu benutzen sein.

[0031] In einer Ausführungsform des Lenksystems ist es vorgesehen, dass die Abschaltvorrichtung dazu ausgebildet ist, für das Vorliegen der Abschaltbedingung zu erfassen, ob eine Fahrgeschwindigkeit eine Maximalfahrgeschwindigkeit für die Lenkunterstützung durch die Betriebsbremse überschreitet. Dadurch kann beispielsweise eine übermäßig starke Lenkung bei hohen Fahrgeschwindigkeiten, was die Arbeitsmaschine destabilisieren könnte, vermieden

werden. Das Lenksystem kann dafür beispielsweise einen Fahrgeschwindigkeitssensor aufweisen.

[0032] Alternativ oder zusätzlich ist es vorgesehen, dass die Abschaltvorrichtung dazu ausgebildet ist, für das Vorliegen der Abschaltbedingung zu erfassen, ob eine Fahrzeugposition außerhalb eines zulässigen Fahrzeugpositionsbereichs für die Lenkunterstützung durch die Betriebsbremse liegt. Alternativ oder zusätzlich kann das Lenksystem die Lenkunterstützungsvorrichtung automatisch wieder deaktivieren, sobald die Fahrzeugposition innerhalb des zulässigen Fahrzeugpositionsbereichs für die Lenkunterstützung durch die Betriebsbremse liegt. Ein Fahrzeugpositionsbereich kann beispielsweise durch GPS-Koordinaten definiert sein. Die zulässige Benutzung der Lenkunterstützung durch die Betriebsbremse kann durch ein Areal auf einer Karte definiert sein. Beispielsweise kann die Lenkunterstützungsvorrichtung in den deaktivierten Zustand verstellt werden, sobald mit der Arbeitsmaschine ein Feld verlassen wird. Beispielsweise kann die Lenkunterstützungsvorrichtung in den deaktivierten Zustand verstellt werden, sobald mit der Arbeitsmaschine auf einer regulären Straße gefahren wird. Der zulässige Fahrzeugpositionsbereich kann durch den Fahrer vorgebar sein. Der zulässige Fahrzeugpositionsbereich kann beispielsweise auch durch eine Datenbank vorgegeben sein, beispielsweise durch Straßenkarten. Das Lenksystem kann einen GPS-Empfänger aufweisen, mittels welchem eine Fahrzeugposition der Arbeitsmaschine erfassbar ist.

[0033] Alternativ oder zusätzlich ist es vorgesehen, dass die Abschaltvorrichtung dazu ausgebildet ist, für das Vorliegen der Abschaltbedingung zu erfassen, ob eine Fahrzeugbewegung eine Bewegung auf ebenem Untergrund indiziert. Beispielsweise kann anhand von bestimmten Fahrzeugbewegungsmustern und einem Vergleich mit hinterlegten Fahrzeugbewegungsmustern erkannt werden, ob sich die Arbeitsmaschine auf einer regulären Straße bewegt oder im Gelände, beispielsweise auf einem Feld. Dadurch kann beispielsweise zuverlässig die Lenkunterstützungsvorrichtung deaktiviert werden, sobald die Arbeitsmaschine am normalen Straßenverkehr teilnimmt. Das Lenksystem kann dafür jeweilige Beschleunigungssensoren aufweisen.

[0034] Alternativ oder zusätzlich ist es vorgesehen, dass die Abschaltvorrichtung dazu ausgebildet ist, für das Vorliegen der Abschaltbedingung zu erfassen, ob eine Differentialsperre an einer Achse, welche bei der Lenkunterstützung durch die Lenkunterstützungsvorrichtung einseitig gebremst wird, geschlossen ist. Durch eine Differentialsperre können jeweilige Räder beidseitig von einer Achse drehfest miteinander verbunden werden. Entsprechend kann dann beispielsweise ein kurveninneres Rad nicht mehr langsamer drehen als ein kurvenäußeres

Rad. Sofern nun ein solches kurveninneres Rad durch die Lenkunterstützungsvorrichtung gebremst wird, würde damit auch das äußere Rad gebremst werden und somit lediglich die Arbeitsmaschine verzögert werden, ohne dass eine gewünschte Lenkunterstützung erfolgt. Ein solches Verhalten ist unerwünscht und kann durch die Deaktivierung der Lenkunterstützungsvorrichtung bei geschlossener Differentialsperre vermieden werden.

[0035] Bei einer geöffneten Differentialsperre kann dagegen die Lenkunterstützungsvorrichtung aktiviert bleiben. Es gibt auch Differentialsperren, welche lediglich eine mögliche Differenzdrehzahl reduzieren. Auch bei solchen Differentialsperren kann eine Deaktivierung der Lenkunterstützungsvorrichtung sinnvoll sein, um die Achse nicht unnötig durch Verspannung zu belasten und gegebenenfalls zu beschädigen.

[0036] In einer Ausführungsform des Lenksystems ist es vorgesehen, dass die Arbeitsmaschine eine Differentialsperre an einer Achse aufweist, welche bei der Lenkunterstützung durch die Lenkunterstützungsvorrichtung einseitig gebremst wird, wobei die Lenkunterstützungsvorrichtung dazu ausgebildet ist, die Differentialsperre zumindest während der automatischen Lenkunterstützung durch Betätigen der Betriebsbremse in einen geöffneten Zustand zu verstellen. Dadurch kann vermieden werden, dass das kurvenäußere Rad durch die Lenkunterstützung mit gebremst wird. Dadurch kann die Lenkunterstützungsvorrichtung besonders effizient arbeiten. Nach Beendigung der Lenkunterstützung durch die Betriebsbremse kann die Differentialsperre dann beispielsweise wieder automatisch in deren geschlossenen Zustand verstellt werden. Dadurch kann vor und nach der Kurvenfahrt mit bremskraftunterstützter Lenkung eine hohe Geländegängigkeit der Arbeitsmaschine sichergestellt werden.

[0037] Ein zweiter Aspekt betrifft eine Arbeitsmaschine. Die Arbeitsmaschine weist eine Lenkungsvorrichtung auf. Mit der Lenkungsvorrichtung kann durch einen Fahrer eine Fahrtrichtung und damit jeweilige Linkskurven und Rechtskurven gesteuert werden, beispielsweise durch ein Drehen von Vorderrädern um eine Hochachse. Die Arbeitsmaschine weist eine Betriebsbremse auf. Die Betriebsbremse ist dazu ausgebildet, die Arbeitsmaschine selektiv einseitig zu bremsen. Zusätzlich kann die Betriebsbremse auch dazu ausgebildet sein, die Arbeitsmaschine insgesamt zu verzögern, beispielsweise bei einer Geradeausfahrt. Die Betätigung der Betriebsbremse zum Verzögern der Arbeitsmaschine und die Betätigung der Betriebsbremse zum Unterstützen der Lenkung kann überlagert sein. Beispielsweise erfolgt die Steuerung der Betriebsbremse automatisch, um das Lenken zu unterstützen. Die Steuerung der Betriebsbremse zum Verzögern der

Arbeitsmaschine erfolgt beispielsweise in Abhängigkeit von einer Betätigung eines Bremspedals durch den Fahrer.

[0038] Die Arbeitsmaschine weist ein Lenksystem gemäß dem ersten Aspekt auf. Jeweilige weitere Merkmale, Ausführungsformen und Vorteile sind den Beschreibungen des ersten Aspekts zu entnehmen. Umgekehrt stellen auch Merkmale, Ausführungsformen und Vorteile des zweiten Aspekts Merkmale, Ausführungsformen und Vorteile des ersten Aspekts dar. Das Lenksystem ist dazu ausgebildet, eine Kurvenfahrt der Arbeitsmaschine durch ein automatisches Betätigen der Betriebsbremse zum kurveninnenseitigen Bremsen der Arbeitsmaschine zu unterstützen, um einen tatsächlichen Kurvenradius gegenüber einem allein durch die Lenkungsvorrichtung vorgegebenen Kurvenradius zu verringern.

[0039] Ein dritter Aspekt betrifft ein Verfahren zum Steuern einer Arbeitsmaschine. Die Arbeitsmaschine kann gemäß dem ersten Aspekt ausgebildet sein. Das Verfahren kann auch zum Betreiben des Lenksystems gemäß dem ersten Aspekt ausgebildet sein. Jeweilige weitere Merkmale, Ausführungsformen und Vorteile sind den Beschreibungen des ersten bzw. zweiten Aspekts zu entnehmen. Umgekehrt stellen auch Merkmale, Ausführungsformen und Vorteile des dritten Aspekts Merkmale, Ausführungsformen und Vorteile des ersten bzw. zweiten Aspekts dar.

[0040] Das Verfahren weist einen Schritt eines Verstellens einer Lenkunterstützungsvorrichtung in einen aktivierten Zustand auf. Das Verstellen in den aktivierten Zustand kann beispielsweise durch eine Betätigung eines ersten Bedienmittels durch den Fahrer erfolgen. Das Verstellen in den aktivierten Zustand kann beispielsweise aus einem deaktivierten Zustand erfolgen. Das Verfahren weist einen Schritt eines Lenkens der Arbeitsmaschine auf. Das Lenken kann beispielsweise durch ein Drehen eines Lenkrads der Lenkungsvorrichtung der Arbeitsmaschine erfolgen. Das Verfahren weist einen Schritt eines automatischen Betätigens einer Betriebsbremse der Arbeitsmaschine zum kurveninnenseitigen Bremsen auf, wodurch das Lenken der Arbeitsmaschine unterstützt wird und ein tatsächlicher Kurvenradius gegenüber einem allein durch die Lenkungsvorrichtung vorgegebenen Kurvenradius verringert wird. Der durch die Lenkungsvorrichtung vorgegebenen Kurvenradius wird beispielsweise durch das Lenken der Arbeitsmaschine eingestellt. Dieses automatische Betätigen der Betriebsbremse kann durch die Lenkunterstützungsvorrichtung erfolgen. Die Lenkunterstützungsvorrichtung kann dabei dazu ausgebildet sein, die Betriebsbremse so zu betätigen, dass kurveninnenseitig eine höhere Bremskraft aufgebracht wird als kurvenaußenseitig.

[0041] In einer Ausführungsform des Verfahrens ist es vorgesehen, dass das Verfahren einen Schritt eines Erfassens eines Fahrzeugzustands aufweist. Zudem kann das Verfahren einen Schritt eines automatischen Betätigens der Betriebsbremse der Arbeitsmaschine zum kurveninnenseitigen Bremsen in Abhängigkeit von dem erfassten Fahrzeugzustand aufweisen. Beispielsweise kann nur eine Bremse an einem Hinterrad auf der Kurveninnenseite betätigt werden, wenn die Kurvenfahrt unterstützt werden soll. Diese Betätigung kann stärker oder weniger stark erfolgen, je nachdem, wie der derzeitige erfasste Fahrzeugzustand ist. Beispielsweise kann bei einem hohen Lenkwinkel auch eine starke kurveninnenseitige Bremsung vorgegeben werden. Alternativ oder zusätzlich wird in Abhängigkeit des Fahrzeugzustands identifiziert, welche Seite die Kurveninnenseite der Arbeitsmaschine ist.

[0042] In einer Ausführungsform des Verfahrens ist es vorgesehen, dass das Verfahren einen Schritt eines Erfassens, ob eine Abschaltbedingung für die Lenkunterstützungsvorrichtung vorliegt, aufweist. Zudem kann das Verfahren einen Schritt eines Verstellens der Lenkunterstützungsvorrichtung in einen deaktivierten Zustand, wenn erfasst wurde, dass die Abschaltbedingung für die Lenkunterstützungsvorrichtung vorliegt, aufweisen. Dieses Verstellen der Lenkunterstützungsvorrichtung in deren deaktivierten Zustand kann dauerhaft erfolgen oder nur so lange, wie das Vorliegen der Abschaltbedingung erfasst wird. Bei Wegfall der Abschaltbedingung kann die Lenkunterstützungsvorrichtung beispielsweise durch die Abschaltvorrichtung automatisch wieder in den aktivierten Zustand verstellt werden.

[0043] In einer Ausführungsform des Verfahrens ist es vorgesehen, dass das Verfahren einen Schritt eines Prädizierens eines Einflusses der automatischen Betätigung der Betriebsbremse zur Lenkunterstützung auf eine Kurvenfahrt der Arbeitsmaschine aufweist. Zudem kann das Verfahren einen Schritt eines automatischen Betätigens der Betriebsbremse zur Lenkunterstützung in Abhängigkeit von dem prädizierten Einfluss der automatischen Betätigung der Betriebsbremse zur Lenkunterstützung aufweisen, um eine selbstverstärkungsfreie Regelung der automatischen Betätigung der Betriebsbremse zur Lenkunterstützung bereitzustellen.

Kurze Beschreibung der Figuren

Fig. 1 veranschaulicht schematisch eine Arbeitsmaschine mit einem Lenksystem, welches eine Unterstützung eines Lenkens mittels einer Betriebsbremse ermöglicht.

Fig. 2 veranschaulicht ein Verfahren zum Betreiben der Arbeitsmaschine gemäß **Fig. 1**.

Detaillierte Beschreibung von Ausführungsformen

[0044] **Fig. 1** veranschaulicht eine als Mähdrescher ausgebildete Arbeitsmaschine 10 mit einem vorderseitigen Mähwerk 12. Die Arbeitsmaschine 10 weist eine Hinterachse 14 mit einem linken Hinterrad 16 und einem rechten Hinterrad 18 auf. Die Hinterachse 14 ist un gelenkt. Zudem weist die Arbeitsmaschine 10 eine Vorderachse 20 mit einem linken Vorderrad 22 und einem rechten Vorderrad 24 auf. Die Vorderachse 20 ist mittels einer Lenkungs Vorrichtung 26 der Arbeitsmaschine 10 lenkbar. Die Lenkungs Vorrichtung 26 weist ein Lenkrad auf, welches der Fahrer zum Lenken einer Rechtskurve nach rechts eingeschlagen hat. Die Lenkungs Vorrichtung 26 hat entsprechend die Vorderräder 22, 24 nach rechts um jeweils eine Hochachse rotiert. Durch die so gedrehten Vorderräder 22, 24 wird von der Lenkungs Vorrichtung 26 ein Kurvenradius 28 vorgegeben. Eine so gefahrene Rechtskurve ist durch eine gestrichelte Linie 30 in **Fig. 1** veranschaulicht.

[0045] Bei Feldarbeiten soll mit der Arbeitsmaschine 10 kleinere Kurvenradien gefahren werden. Dafür wird eine Betriebsbremse 32 der Arbeitsmaschine 10 genutzt. Die Betriebsbremse 32 weist für jedes der Räder 16, 18, 22, 24 eine selektiv und damit getrennt betätigbare Bremse auf. So kann wahlweise nur eines der Räder 16, 18, 22 oder 24 gebremst werden oder zumindest die Räder 16, 18, 22, 24 unterschiedlich stark gebremst werden. Auch ein Bremsen nur auf einer Seite der Arbeitsmaschine 10 ist möglich.

[0046] Diese Betriebsbremse 32 wird von einer Lenkunterstützungsvorrichtung 34 dazu genutzt, ein Lenken der Arbeitsmaschine 10 durch ein automatisches Betätigen der Betriebsbremse 32 zum kurveninnenseitigen Bremsen der Arbeitsmaschine 10 zu unterstützen, um einen tatsächlichen Kurvenradius gegenüber einem allein durch die Lenkungs Vorrichtung 26 vorgegebenen Kurvenradius zu verringern. In dem gezeigten Beispiel wird die Betriebsbremse 32 so durch die Lenkunterstützungsvorrichtung 34 betätigt, dass kein Bremsen an dem linken Hinterrad 16 und den beiden Vorderräder 22, 24 erfolgt. Es wird nur die Bremse an dem rechten Hinterrad 18, welches bei der Rechtskurve ein kurveninneres Rad ist, bedrückt. Das rechte Hinterrad 18 bleibt so während der Kurvenfahrt stehen. Der Antrieb der Arbeitsmaschine 10 drückt so mit dem linken Hinterrad 16 die Arbeitsmaschine 10 zusätzlich in die Rechtskurve. Das linke Hinterrad 16 dreht bedeutend schneller als das rechte Hinterrad 18. Das rechte Hinterrad 18 bildet so einen Mittelpunkt des tatsächlichen Kurvenradius, welcher mit einer Linie 38 veranschaulicht ist. Die nun tatsächlich gefahrene Rechtskurve entspricht der Strichpunktlinie 36 in **Fig. 1**. Die Arbeitsmaschine 10 kann so praktisch auf der Stelle wenden.

[0047] Um den Fahrer der Arbeitsmaschine 10 zu entlasten, erfolgt die Betätigung der Betriebsbremse 32 zum Unterstützen des Lenkens der Arbeitsmaschine 10 durch kurveninnenseitiges Bremsen automatisch. Berücksichtigt wird in der gezeigten Ausführungsform eine Fahrgeschwindigkeit und wie weit das Lenkrad eingeschlagen wurde, um zu bestimmen, wie stark die Bremse an dem rechten Hinterrad 18 betätigt wird. Zudem wird in Abhängigkeit davon automatisch ausgewählt, welches der Hinterräder 16, 18 gebremst wird. In einer Ausführungsform kann eine Bremsstärke proportional zu einer erfassten Gierrate oder anderen Fahrzeugzuständen eingestellt werden. Die Kurveninnenseite wird ebenfalls anhand des Fahrzeugzustands automatisch bestimmt. Der Fahrer muss also nicht mit zwei Bremspedalen jeweils die kurveninnenseitige Bremsung zur Lenkunterstützung und damit Kurvenradiusverringern manuell betätigen. Um eine selbstverstärkende Regelung zu vermeiden, wird bei der Berücksichtigung der Gierrate durch eine Prädiktionsvorrichtung 42 des Lenksystems ein Einfluss der automatischen Betätigung der Betriebsbremse 32 zur Lenkunterstützung auf ein Kurvenfahrverhalten der Arbeitsmaschine 10 prädiiziert. Die so prädiizierte Vergrößerung der Gierrate der Arbeitsmaschine 10 wird bei dem Vorgeben einer Betätigungsstärke der Bremse des rechten Hinterrads 18 in Abhängigkeit von der erfassten Gierrate abgezogen. Die Lenkunterstützungsvorrichtung 34 ist so dazu ausgebildet, die Betriebsbremse 32 zur Lenkunterstützung in Abhängigkeit von dem prädiizierten Einfluss der automatischen Betätigung der Betriebsbremse 32 zur Lenkunterstützung zu betätigen.

[0048] Die Lenkunterstützungsvorrichtung 34 ist dazu ausgebildet, zwischen einem aktivierten Zustand und einem deaktivierten Zustand verstellbar zu werden. Dafür ist ein erstes Bedienelement in Form eines Schalters 40 vorgesehen, durch dessen Betätigung dieser Zustand gewechselt wird. Das erste Bedienelement ist dabei zudem als Statusindikatorvorrichtung ausgebildet, indem dem Fahrer der Arbeitsmaschine 10 der aktivierte Zustand der Lenkunterstützungsvorrichtung 34 durch eine Hinterleuchtung des Schalters 40 signalisiert wird.

[0049] In einer Ausführungsform weist das Lenksystem eine Abschaltvorrichtung 46 auf, welche dazu ausgebildet ist, die Lenkunterstützungsvorrichtung 34 automatisch in den deaktivierten Zustand zu verstellen, wenn eine Abschaltbedingung vorliegt. Das Vorliegen der Abschaltbedingung wird durch die Abschaltvorrichtung 46 mit entsprechenden Sensoren erfasst. Eine erste Abschaltbedingung ist ein Überschreiten einer Maximalfahrgeschwindigkeit für die Lenkunterstützung durch die Betriebsbremse 32 durch eine derzeitige Fahrgeschwindigkeit der Arbeitsmaschine 10. Eine zweite Abschaltbedingung

ist eine Fahrzeugposition außerhalb eines zulässigen Fahrzeugpositionsbereichs für die Lenkunterstützung durch die Betriebsbremse 32. Durch ein Geofencing wird in dem gezeigten Beispiel nur die Lenkunterstützung durch die Betriebsbremse 32 auf dem Feld erlaubt und auf öffentlichen Straßen abgeschaltet. Eine dritte Abschaltbedingung ist, wenn eine Fahrzeugbewegung eine Bewegung auf ebenem Untergrund indiziert. Dafür werden eine Wankbewegung und eine Nickbewegung der Arbeitsmaschine 10 beim Fahren erfasst. Eine vierte Abschaltbedingung ist, wenn eine Differentialsperre an der Hinterachse 14, welche bei der Lenkunterstützung durch die Lenkunterstützungsvorrichtung 34 einseitig gebremst wird, geschlossen ist. Dadurch wird ein unerwünschtes Verspannen des Antriebsstrangs der Arbeitsmaschine 10 vermieden. In einer Ausführungsform wird bei geschlossener Differentialsperre die Lenkunterstützungsvorrichtung 34 nicht abgeschaltet, sondern stattdessen während der Lenkunterstützung durch die Betriebsbremse 32 die Differentialsperre temporär geöffnet.

[0050] In einer Ausführungsform weist das Lenksystem ein zweites Bedienelement auf, welches als Blinkerhebel 44 ausgebildet ist. Sofern der Fahrer den Blinkerhebel 44 für ein Blinken nach rechts betätigt, wird von der Lenkunterstützungsvorrichtung 34 von einer Rechtskurve ausgegangen. Dadurch kann auf eine aufwendige und gegebenenfalls nur mit Verzögerung mögliche Bestimmung der Kurvenrichtung verzichtet werden und sofort kurveninnenseitig gebremst werden. Zudem weist das zweite Bedienelement unterschiedliche Stellungen für jede Seite auf, mit denen der Fahrer eine proportionale Steuerung der Betätigungskraft der kurveninnenseitigen Hinterradbremse vorgeben kann.

[0051] Fig. 2 veranschaulicht ein Verfahren zum Steuern der Arbeitsmaschine 10, welche mit dem zuvor beschriebenen Lenksystem ausgerüstet ist. In einem Schritt 60 wird die Lenkunterstützungsvorrichtung 34 durch Betätigen des Schalters 40 in deren aktivierten Zustand verstellt. In einem Schritt 62 erfolgt ein Lenken der Arbeitsmaschine 10 durch Drehen des Lenkrads der Lenkungsvorrichtung 26. Dies wird von der Lenkunterstützungsvorrichtung 34 erkannt. In Reaktion darauf wird durch die Lenkunterstützungsvorrichtung 34 in einem Schritt 64 die Betriebsbremse 32 der Arbeitsmaschine 10 zum kurveninnenseitigen Bremsen automatisch betätigt. In dem gezeigten Beispiel wird also nur das rechte Hinterrad 18 gebremst, während alle übrigen Räder 16, 22, 24 ungebremst bleiben. Dadurch wird das Lenken der Arbeitsmaschine 10 unterstützt und ein tatsächlicher Kurvenradius 38 gegenüber einem allein durch die Lenkungsvorrichtung 26 vorgegebenen Kurvenradius 28 verringert. Entsprechend folgt die Arbeitsmaschine 10 der mit der Strichpunktlinie 36 veranschaulichten Rechtskurve und dreht somit fast

auf der Stelle, statt der durch die gestrichelte Linie 30 veranschaulichten Rechtskurve zu folgen. Durch den Fahrer muss dafür keine manuelle Steuerung der jeweiligen Bremsen erfolgen.

Bezugszeichen

10	Arbeitsmaschine
12	Mähwerk
14	Hinterachse
16	linkes Hinterrad
18	rechtes Hinterrad
20	Vorderachse
22	linkes Vorderrad
24	rechtes Vorderrad
26	Lenkungsvorrichtung
28	Linie / vorgegebener Kurvenradius
30	gestrichelte Linie/ Rechtskurve
32	Betriebsbremse
34	Lenkunterstützungsvorrichtung
36	Strichpunktlinie/ tatsächliche Rechtskurve
38	Linie/ tatsächlicher Kurvenradius
40	Schalter
42	Prädiktionsvorrichtung
44	Blinkerhebel
46	Abschaltvorrichtung
60	Verstellen der Lenkunterstützung in einen aktiven Zustand
62	Lenken der Arbeitsmaschine
64	Automatisches Betätigen der kurvenseitigen Bremsen

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 3208393 A1 [0003]
- EP 1982897 A1 [0004]
- US 9022487 B2 [0004]

Patentansprüche

1. Lenksystem für eine Arbeitsmaschine (10) mit einer Lenkungs Vorrichtung (26) und einer Betriebsbremse, wobei die Betriebsbremse dazu ausgebildet ist, die Arbeitsmaschine (10) selektiv einseitig zu bremsen, wobei das Lenksystem eine Lenkunterstützungs Vorrichtung (34) aufweist, welche dazu ausgebildet ist, ein Lenken der Arbeitsmaschine (10) durch ein automatisches Betätigen der Betriebsbremse (32) zum kurveninnenseitigen Bremsen der Arbeitsmaschine (10) zu unterstützen, um einen tatsächlichen Kurvenradius (38) gegenüber einem allein durch die Lenkungs Vorrichtung (26) vorgegebenen Kurvenradius (28) zu verringern, und wobei die Lenkunterstützungs Vorrichtung (34) zwischen einem aktivierten Zustand und einem deaktivierten Zustand verstellbar ist.

2. Lenksystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Lenkunterstützungs Vorrichtung (34) ein erstes Bedienmittel (40) aufweist, wobei die Lenkunterstützungs Vorrichtung (34) durch einen Fahrer der Arbeitsmaschine (10) manuell zwischen dem aktivierten und deaktivierten Zustand mittels des ersten Bedienmittels (40) verstellbar ist.

3. Lenksystem nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Lenkunterstützungs Vorrichtung (34) dazu ausgebildet ist, die Betriebsbremse (32) zur Lenkunterstützung in Abhängigkeit von einem erfassten Fahrzeugzustand automatisch zu betätigen.

4. Lenksystem nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erfasste Fahrzeugzustand wenigstens eine der folgenden Informationen aufweist:

- Eine Fahrgeschwindigkeit;
- Ein Lenken; und
- Eine Betätigung eines zweiten Bedienmittels.

5. Lenksystem nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Lenksystem eine Fahrzeugzustandserfassungsvorrichtung aufweist, welche für wenigstens eine der folgenden Möglichkeiten zur Erfassung des Fahrzeugzustands ausgebildet ist:

- Erfassen einer Betätigung eines Lenkelements der Arbeitsmaschine (10);
- Erfassen einer ersten Drehzahl eines ersten Rads (22) auf einer ersten Fahrzeugseite, Erfassen einer zweiten Drehzahl eines zweiten Rads (24) auf einer zweiten Fahrzeugseite und Berechnen einer Differenzdrehzahl zum Bestimmen einer Kurvenfahrt;
- Erfassen einer Winkelstellung von einer lenkbaren Achse (20) der Arbeitsmaschine (10);
- Erfassen eines Hydraulikdrucks einer als hydraulische Lenkungs Vorrichtung (26) ausgebildeten Lenk-

ungs Vorrichtung (26) der Arbeitsmaschine (10);

- Erfassen einer Gierrate der Arbeitsmaschine (10);

6. Lenksystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche 3 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Lenksystem eine Prädiktions Vorrichtung (42) aufweist, welche dazu ausgebildet ist, einen Einfluss der automatischen Betätigung der Betriebsbremse (32) zur Lenkunterstützung zu präzisieren und die Lenkunterstützungs Vorrichtung (34) dazu ausgebildet ist, die Betriebsbremse (32) zur Lenkunterstützung in Abhängigkeit von dem präzisierten Einfluss der automatischen Betätigung der Betriebsbremse (32) zur Lenkunterstützung zu betätigen.

7. Lenksystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Lenksystem eine Statusindikator Vorrichtung (40) aufweist, welche dazu ausgebildet ist, dem Fahrer der Arbeitsmaschine (10) den aktivierten Zustand der Lenkunterstützungs Vorrichtung (34) zu signalisieren.

8. Lenksystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Lenksystem eine Abschalt Vorrichtung (46) aufweist, welche dazu ausgebildet ist, die Lenkunterstützungs Vorrichtung (34) in Abhängigkeit von einer vorliegenden Abschaltbedingung automatisch in den deaktivierten Zustand zu verstellen.

9. Lenksystem nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abschalt Vorrichtung (46) für wenigstens eine der folgenden Möglichkeiten zur Erfassung des Vorliegens der Abschaltbedingung ausgebildet ist:

- Erfassen, ob eine Fahrgeschwindigkeit eine Maximalfahrgeschwindigkeit für die Lenkunterstützung durch die Betriebsbremse (32) überschreitet;
- Erfassen, ob eine Fahrzeugposition außerhalb eines zulässigen Fahrzeugpositionsbereichs für die Lenkunterstützung durch die Betriebsbremse (32) liegt;
- Erfassen, ob eine Fahrzeugbewegung eine Bewegung auf ebenem Untergrund indiziert;
- Erfassen, ob eine Differentialsperre an einer Achse (14), welche bei der Lenkunterstützung durch die Lenkunterstützungs Vorrichtung (34) einseitig gebremst wird, geschlossen ist.

10. Lenksystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Arbeitsmaschine (10) eine Differentialsperre an einer Achse (14) aufweist, welche bei der Lenkunterstützung durch die Lenkunterstützungs Vorrichtung (34) einseitig gebremst wird, wobei die Lenkunterstützungs Vorrichtung (34) dazu ausgebildet ist, die Differentialsperre zumindest während der automatischen Lenkunterstützung durch Betätigen

der Betriebsbremse (32) in einen geöffneten Zustand zu verstellen.

eine selbstverstärkungsfreie Regelung der automatischen Betätigung der Betriebsbremse (32) zur Lenkunterstützung bereitzustellen.

11. Arbeitsmaschine (10) mit einer Lenkungsrichtung (26), einer Betriebsbremse (32), wobei die Betriebsbremse (32) dazu ausgebildet ist, die Arbeitsmaschine (10) selektiv einseitig zu bremsen, und einem Lenksystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Lenksystem dazu ausgebildet ist, eine Kurvenfahrt der Arbeitsmaschine (10) durch ein automatisches Betätigen der Betriebsbremse (32) zum kurveninnenseitigen Bremsen der Arbeitsmaschine (10) zu unterstützen, um einen tatsächlichen Kurvenradius (38) gegenüber einem allein durch die Lenkungsrichtung (26) vorgegebenen Kurvenradius (28) zu verringern.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

12. Verfahren zum Steuern einer Arbeitsmaschine (10) mit wenigstens den folgenden Schritten:
 - Verstellen (60) einer Lenkunterstützungsvorrichtung (34) in einen aktivierten Zustand;
 - Lenken (62) der Arbeitsmaschine (10); und
 - Automatisches Betätigen (64) einer Betriebsbremse (32) der Arbeitsmaschine (10) zum kurveninnenseitigen Bremsen, wodurch das Lenken der Arbeitsmaschine (10) unterstützt wird und ein tatsächlicher Kurvenradius (38) gegenüber einem allein durch die Lenkungsrichtung (26) vorgegebenen Kurvenradius (28) verringert wird.

13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verfahren ferner wenigstens die folgenden Schritte aufweist:
 - Erfassen eines Fahrzeugzustands; und
 - Automatisches Betätigen der Betriebsbremse (32) der Arbeitsmaschine (10) zum kurveninnenseitigen Bremsen in Abhängigkeit von dem erfassten Fahrzeugzustand.

14. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verfahren ferner wenigstens die folgenden Schritte aufweist:
 - Erfassen, ob eine Abschaltbedingung für die Lenkunterstützungsvorrichtung (34) vorliegt; und
 - Verstellen der Lenkunterstützungsvorrichtung (34) in einen deaktivierten Zustand, wenn erfasst wurde, dass die Abschaltbedingung für die Lenkunterstützungsvorrichtung (34) vorliegt.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verfahren ferner wenigstens die folgenden Schritte aufweist:
 - Prädizieren eines Einflusses der automatischen Betätigung der Betriebsbremse (32) zur Lenkunterstützung auf eine Kurvenfahrt der Arbeitsmaschine (10); und
 - Automatisches Betätigen der Betriebsbremse (32) zur Lenkunterstützung in Abhängigkeit von dem prädizierten Einfluss der automatischen Betätigung der Betriebsbremse (32) zur Lenkunterstützung, um

Anhängende Zeichnungen

