

Anhänger und Verfahren zur Regelung des Abstandes zwischen einem Anhänger und einer Verbindungsstange

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Anhänger mit einem Radantrieb und ein Verfahren zur Ansteuerung eines derartigen Anhängers.

Angetriebene Anhänger nach dem Stand der Technik verwenden zum Ansteuern des Anhängerantriebs Kraftmesssensoren, insbesondere Dehnungsmessern, welche zwischen dem Anhänger und dem Schleppfahrzeug auftretende Kräfte messen. Diese Kraftmesssensoren sind bekanntermaßen anfällig gegenüber äußeren Einflüssen, insbesondere gegenüber Umwelteinflüssen wie Temperatur- und Feuchtigkeitsschwankungen. Zudem ist die Verbindung zwischen Anhänger und Schleppfahrzeug nach dem Stand der Technik stets starr und somit anfällig gegenüber axialen sowie lateralen Kräften zwischen Anhänger und Schleppfahrzeug. Insbesondere können starke Vibrationen bis hin zu resonanten Oszillationen in dem Anhänger-Schleppfahrzeug-System auftreten. Dies führt dazu, dass der Kraftmesssensor eine Vielzahl von Messdaten generiert, was wiederum zu einem hohen Auswerteaufwand für die Steuereinheit führt. Auch gestaltet es sich als schwierig, die für die Steuerung des Anhängers wesentlichen Messdaten von dem durch Vibrationen und anderen Störgrößen erzeugten Untergrundrauschen zu unterscheiden. Dies beeinträchtigt unter anderem den Fahrkomfort und erhöht den Energieverbrauch.

Ein motorgetriebener Anhänger für ein Fahrrad ist bekannt aus US 2012/0037435 A1. Der dort beschriebene Anhänger wird über eine Zugstange mit dem Fahrrad verbunden, wobei die Zugstange über einen Kraftmesser verfügt und der Anhänger einen Motor aufweist. Abhängig von dem Geschwindigkeitsunterschied zwischen dem Fahrrad und dem Anhänger misst der Kraftmesser eine kompressive Kraft, wenn der Anhänger schneller als das Fahrrad ist oder eine Zugkraft, wenn der Anhänger dem Fahrrad nachläuft. Der Motor beschleunigt den Anhänger entsprechend der durch den Kraftmesssensor gemessenen Kräfte.

US 8,365,849 B2 beschreibt ein System zum Schleppen eines Anhängers. Der Anhänger umfasst einen elektrischen Motor, Bremsen, eine Zugstange sowie einen an der

- 2 -

Zugstange angeordneten Kraftmesssensor. Abhängig von den an dem Kraftmesser gemessenen mechanischen Kräften wird der Anhänger über den Motor beschleunigt oder über Bremsen abgebremst.

DE 10 2010 051 838 A1 beschreibt einen Anhänger für ein Fahrrad, wobei der Anhänger eine elektrische Maschine umfasst, die sowohl als Bremse wie auch als Motor wirken kann, um zu verhindern, dass der Anhänger beim Schieben sowie beim Abbremsen des Fahrrads eine merkliche Rückwirkung auf das Fahrrad verursacht. Um dies zu erreichen, werden unterschiedliche Sensoren beschrieben. So werden ein Pedaldrucksensor, ein im Bremshebel vorgesehener Bremskraftsensor sowie ein in der Verbindung zwischen Fahrrad und Anhänger vorgesehener Kraftmesssensor vorgeschlagen. Die Signale dieser Sensoren werden an eine elektronische Logikschaltung übermittelt, die wiederum die elektrische Maschine und/oder die Bremsen ansteuert. Über den Kraftmesssensor kann ermittelt werden, ob das Fahrrad eine Zugkraft oder eine Druckkraft auf den Anhänger ausübt, wobei abhängig von den gemessenen Signalen Motor bzw. Bremsen angesteuert werden, um den Anhänger dem Fahrrad nachzuführen. Alternativ zu der Kraftmessung werden vorgespannte Messsysteme vorgeschlagen, wobei entweder ein Drucksensor Druckänderung in einem Zylinder aufnimmt oder ein Positionssensor die Position einer mittels Federn gelagerten Scheibe misst. Solche vorgespannten Messsysteme verfügen zwar über eine weniger starre Kopplung zwischen Anhänger und Fahrrad, jedoch verbleiben auch hier noch störende, insbesondere pulsierende, Rückkopplungseffekte.

DE 10 2006 009 862 A1 beschreibt einen Fahrradschubanhänger zum Treiben und Bremsen eines Fahrrads, wobei eine Batterie als Trägheitsmasse in einem Rahmen des Anhängers gelagert ist, so dass bei einer Bremsbewegung die Batterie nach vorne schwingt und bei einer Beschleunigungsbewegung die Batterie nach hinten schwingt. Die Batterie ist über einen Steuerhebel mit einem Positionswertgeber sowie einem Bowdenzug gelenkig verbunden. Bei einem Bremsvorgang wird über den Positionswertgeber ein Elektromotor rekuperativ betrieben während gleichzeitig über den Bowdenzug eine mechanische Bremse aktiviert wird.

US 2013/0311058 A1 offenbart ein Verfahren zur Ansteuerung eines mit einem Elektromotor angetriebenen Anhängers.

EP 3 416 860 A1 betrifft ein Verfahren zur Ansteuerung eines angetriebenen Anhängers sowie einen motorgetriebenen Anhänger. Das Verfahren weist unter anderem einen Schritt auf, bei dem ein Abstand zwischen Anhänger und Schleppfahrzeug als Neutralstellung definiert wird. Die Abweichung des Abstands zwischen Anhänger und Schleppfahrzeug von der Neutralstellung wird gemessen und als Abstandswert ausgegeben. Wenn der Abstand zwischen Anhänger und Schleppfahrzeug gegenüber der Neutralstellung um mindestens einen ersten Abstandswert verringert ist, wird der Anhänger elektrisch betätigt gebremst. Wenn der Abstand zwischen Anhänger und Schleppfahrzeug gegenüber der Neutralstellung um mindestens einen zweiten Abstandswert verringert ist, wobei der zweite Abstandswert größer als der erste Abstandswert ist, wird der Anhänger unabhängig von dem elektrisch betätigten Bremsen mechanisch betätigt gebremst. Wenn der Abstand zwischen Anhänger und Schleppfahrzeug gegenüber der Neutralstellung um einen dritten Abstandswert vergrößert ist, wird der Anhänger durch einen Elektromotor beschleunigt.

Ausgehend hiervon liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine möglichst feinfühligere Regelung eines angetriebenen Anhängers zu ermöglichen.

Die Aufgabe wird durch einen Anhänger gemäß Anspruch 1 und durch ein Verfahren zum Regeln des Abstandes nach Anspruch 10 gelöst. Vorteilhafte Ausführungsarten sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche und der Beschreibung.

Der erfindungsgemäße Anhänger mit mindestens einem angetriebenen Rad umfasst

- eine Energiequelle, die dazu ausgebildet ist, einen Radantrieb mit Energie zu versorgen,
- eine Bremsenrichtung zum Verzögern des mindestens einen Rads,
- eine Verbindungsstange, die dazu ausgebildet ist, mit einer Zugeinrichtung verbunden zu werden, und die beweglich an dem Anhänger gelagert ist,

- 4 -

- einen Wegsensor, der dazu ausgebildet ist, die Position der Verbindungsstange relativ zu dem Anhänger zu messen,
- eine Geschwindigkeitsmesseinrichtung, die dazu ausgebildet ist, die Fahrgeschwindigkeit basierend auf einer Messung der Geschwindigkeit des Anhängers und/oder der Verbindungsstange zu bestimmen, und
- einen elektronischen Regler,

und ist dadurch gekennzeichnet, dass

- der Regler dazu ausgebildet ist,
 - die Position eines Neutralpunktes relativ zum Anhänger ausgehend von einem Nullpunkt in Abhängigkeit von der bestimmten Fahrgeschwindigkeit zu verschieben,
 - eine Regelabweichung mit dem Abstand zwischen der Position des Neutralpunkts und der gemessenen Position der Verbindungsstange zu berechnen und
 - mit der Regelabweichung Radantrieb und/oder die Bremseinrichtung anzusteuern.

Der Anhänger verfügt über eines oder mehrere Räder. Er kann also von sich aus aufrecht stehen oder erst in Kombination mit einem Zugfahrzeug aufrecht stehen oder von einer Bedienperson aufrecht gehalten werden. Mindestens eines der Räder wird durch einen Antrieb angetrieben. Es handelt sich bei dem Antrieb vorzugsweise um einen Elektromotor. Der Elektromotor kann entweder als Radnabenmotor ausgeführt sein, oder auf dem Anhänger montiert sein und über eine Antriebswelle das angetriebene Rad antreiben. Ferner weist der Anhänger eine Energiequelle auf, mit der der Antrieb mit Energie versorgt wird. Das kann bei einem Elektromotor eine Batterie sein. Aber auch eine Brennstoffzelle oder Photovoltaik können eingesetzt werden. Wenn ein Verbrennungsmotor eingesetzt wird, kommt ein entsprechender Kraftstofftank mit Kraftstoffversorgung zum Einsatz. Neben dem Antrieb weist der Anhänger auch eine Bremseinrichtung auf, die auf das mindestens eine Rad einwirkt, um dieses und damit den Anhänger zu verzögern. Der Antrieb und die Bremseinrichtung

- 5 -

können, sofern der Anhänger über mehrere Räder verfügt, so ausgebildet sein, dass sie auf verschiedene Räder getrennt voneinander einwirken können. Die Bremseinrichtung kann dabei eine mechanische Bremse, wie bspw. eine Scheibenbremse oder eine Backenbremse aufweisen, mit der das mindestens eine Rad oder eine an diesem Rad befestigte Welle gebremst wird. Die Bremseinrichtung kann aber auch eine Einrichtung umfassen, die dazu ausgebildet ist, den Antrieb so anzusteuern, dass dieser eine Bremswirkung erzeugt. Das kann bei einem Elektromotor ein generatorischer Betrieb des Elektromotors sein, der zu einem elektrischen Bremsen führt. Das kann bei einem Verbrennungsmotor ein Aussetzen der Zufuhr von Kraftstoff sein, sodass dieser keine Antriebsleistung abgibt, um die innere Reibung des Verbrennungsmotors als Motorbremse zu nutzen, die zu einem Bremsen führt.

Der Anhänger weist eine Verbindungsstange auf, die ausgebildet ist, mit einem Zugeinrichtung verbunden zu werden. Zur Verbindung mit einem Zugfahrzeug Deichsel verwendet werden, die an dem Fahrzeug mittels der Zugeinrichtung angebracht wird. Ein Zugfahrzeug kann insbesondere ein Fahrrad sein. Mit der Zugeinrichtung kann der Anhänger auch von einem Menschen oder einem Tier gezogen werden.

Die Verbindungsstange ist an dem Anhänger mit einem Lager befestigt, sodass sie sich relativ zu dem restlichen Anhänger bewegen kann. Zur Lagerung können dazu geeignete Lager, wie Linearführungen oder Kugellager zum Einsatz kommen. Gemäß der Ausprägung des Lagers können unterschiedlich viele Freiheitsgrade für die Verbindungsstange vorgesehen sein. Das Lager nimmt Kräfte nur in den Richtungen auf, in denen es keine Freiheitsgrade für die Verbindungsstange aufweist.

Der Anhänger weist einen Wegsensor auf. Der Wegsensor ist dazu ausgebildet, die Position der Verbindungsstange relativ zu dem Anhänger zu messen. Dazu bestimmt der Wegsensor einen mit der Verbindungsstange fest verbundenen Punkt in einem wegensorfesten Koordinatensystem. Die Ausrichtung des Koordinatensystems des Wegsensors relativ zu dem Lager, mit dem die Verbindungsstange gelagert, ist fest. Sollte bspw. die Lagerung um eine Hochachse des Anhängers drehbar gelagert sein, ist die Position der Verbindungsstange relativ zum Anhänger definiert als die Position der Verbindungsstange relativ zu dem mit der Lagerung drehbaren Teil des

Anhängers. Bei einer entsprechenden Drehung des Lagers ändert sich die gemessene Position der Verbindungsstange relativ zu dem entsprechenden Teil des Anhängers also nicht. Sofern die Verbindungsstange fest mit dem Zugfahrzeug oder der Zugeinrichtung verbunden ist, lässt sich die Position des Zugfahrzeuges oder der Zugeinrichtung relativ zu dem Anhänger durch Addition eines entsprechenden Abstandsvektors berechnen.

Der Anhänger weist eine Geschwindigkeitsmesseinrichtung auf. Die Geschwindigkeitsmesseinrichtung ist dazu ausgebildet, die Fahrgeschwindigkeit zu bestimmen. Dazu verwendet sie Messungen der Geschwindigkeit des Anhängers und/oder der Verbindungsstange relativ zu einem Weltkoordinatensystem. Die Messung der Geschwindigkeit des Anhängers und/oder der Verbindungsstange ist also absolut bzw. relativ zu der feststehenden Welt und nicht relativ zu einem beweglichen Koordinatensystem, wie bspw. dem oben genannten Koordinatensystem des Wegensors. Die Geschwindigkeitsmesseinrichtung kann gemäß einer Ausführungsart dazu ausgebildet sein, diese Messungen durchzuführen.

Der Anhänger weist einen elektronischen Regler auf, der dazu ausgebildet ist, den Antrieb und die Bremseinrichtung anzusteuern. Der Antrieb und/oder die Bremseinrichtung verändern daraufhin die abgegebene Antriebs- und/oder Bremskraft, sodass der Anhänger beschleunigt oder verzögert wird. Der Regler kann die Ansteuerung mittels einer Regelvorschrift festlegen. Die Regelvorschrift kann bspw. eine elektronische Schaltung, die in den Regler integriert ist oder ein Computerprogramm, das auf dem Regler gespeichert ist, sein. Bei dem Regler kann es sich dazu um einen Microcontroller handeln. Der Regler berücksichtigt die Regelabweichung als Eingangssignal. Die Regelvorschrift kann jeweils eine Komponente aufweisen, die das Steuer-Signal proportional zu der Regelabweichung, proportional zur Änderung der Regelabweichung und proportional zum Integral der Regelabweichung berechnet. Durch eine Auslegung der Regelvorschrift, die auf die Eigenschaften des Anhängers sowie des Antriebes und der Bremseinrichtung abgestimmt ist, kann eine optimale Ansteuerung des Antriebes und der Bremseinrichtung vorgenommen werden. Optimal kann dabei das Erreichen eines oder verschiedener Regelziele bedeuten. Bevorzugt ist, dass die Regelabweichung möglichst konstant und gering ist. Außerdem ist bevorzugt,

dass eine Regelabweichung, nach ihrem Entstehen schnell abgebaut wird. Herausfordernd ist dabei, dass Störgrößen auf das System einwirken können. Dazu gehört insbesondere, dass das Zugfahrzeug bzw. die Zugeinrichtung ihre Geschwindigkeit verändert. Auch Bodenunebenheiten oder andere Umweltbedingungen, wie eine veränderliche Windgeschwindigkeiten, stellen Störgrößen dar. Sobald sich eine solche Störgröße auf die Regelabweichung auswirkt, versucht der Regler durch eine entsprechende Ansteuerung des Radantriebes und der Bremseinrichtung die Regelabweichung schnell zu minimieren. Eine Kollision der Verbindungsstange mit anderen Bestandteilen des Anhängers muss unbedingt vermieden werden.

Der Regler berechnet die Regelabweichung, indem er eine Differenz zwischen einem Neutralpunkt und der Position der Verbindungsstange berechnet. Ebenso wie die Position der Verbindungsstange ist der Neutralpunkt relativ zu dem Anhänger, insbesondere in dem Koordinatensystem des Wegsensors definiert. Wenn keine Regelabweichung besteht, wird der Anhänger weder beschleunigt noch verzögert. Zur Bestimmung des Neutralpunktes verwendet die Recheneinrichtung die Fahrgeschwindigkeit. Der Zusammenhang zwischen dem Neutralpunkt und diesen Messgrößen kann auf dem Regler hinterlegt sein, z.B. in Form eines abgespeicherten Computerprogramms oder eines Algorithmus oder einer Look-Up-Tabelle. Der Regler ist dabei so ausgebildet, dass in Abhängigkeit der Fahrgeschwindigkeit der Neutralpunkt relativ zu dem Anhänger, d.h. in dem Koordinatensystem des Wegsensors, festgelegt wird. Dazu verschiebt der Regler den Neutralpunkt ausgehend von einem relativ zu dem Anhänger, bzw. zum Wegsensorkoordinatensystem feststehenden Nullpunkt.

Vorteilhaft an einer Verschiebung des Neutralpunktes in Abhängigkeit einer gemessenen Geschwindigkeit ist, dass eine feinfühlige Regelung, bei der die Bedienperson oder das Zugfahrzeug nicht durch den Anhänger beeinflusst werden, vereinfacht erreicht werden kann.

Gemäß der obigen Beschreibung hängt die Ansteuerung des Radantriebes und der Bremseinrichtung, die eine Beschleunigung oder Verzögerung des Anhängers bewirkt, von dem Regler und der Regelabweichung ab. Üblicherweise ist es vorteilhaft, dass der Regler nicht bereits bei sehr kleinen Regelabweichungen ein Stellsignal

bereitstellt, das zu einer starken Beschleunigung oder Verzögerung führt. Messunsicherheiten sowie Ungenauigkeiten der Mechanik oder Elektrik führen dazu, dass keine optimale Regelung erreicht wird. Daher ist der Regler üblicherweise so ausgebildet, dass eine hinreichend große Regelabweichung bestehen muss, damit auch ein entsprechend zu einer starken Beschleunigung oder Verzögerung führendes Stellsignal hervorgerufen wird. Die Regelstrategie spricht sollte also nicht zu sensitiv auf die Regelabweichung ansprechen. Nachteilig an einer solchen Regelstrategie ist, dass auch bei einem normalen Betrieb große Abstände zwischen der Verbindungsstange und dem Anhänger stattfinden müssen, um eine ausreichend große Regelabweichung hervorzurufen. Tritt eine zusätzliche Störgröße unerwartet auf, kommt es dann zu einer weiteren Verschiebung zwischen Verbindungsstange und Anhänger. Diese kann so groß sein, dass es zu einer Kollision der Verbindungsstange mit anderen Bestandteilen des Anhängers kommt.

Eine Lösung dieses Problems bestünde darin, den Bewegungsfreiraum, den die Verbindungsstange zwischen den jeweiligen Endanschlüssen hat, zu vergrößern. Der dazu nötige Bauraum ist jedoch nachteilig für die Konstruktion des Anhängers. Die Erfindung löst dieses Dilemma. Erfindungsgemäß ist der Regler dazu ausgebildet, den zur Berechnung der Regelabweichung verwendete Neutralpunkt in Abhängigkeit der Fahrgeschwindigkeit zu verändern. Der so veränderte Neutralpunkt kann bei größeren Geschwindigkeiten, je nach Ausprägung des Reglers, näher an den Schwerpunkt des Anhängers oder weiter weg von diesem verschoben werden. Durch diese Veränderung des Neutralpunktes wird eine virtuelle Verlängerung des Bewegungsfreiraumes, der der Verbindungsstange zur Verfügung steht, erreicht. Auf diese Weise kann eine größere Regelabweichung, die eine feinfühligere Regelung ermöglicht, toleriert werden, ohne riskieren zu müssen, dass die Verbindungsstange mit dem restlichen Anhänger kollidiert. Auch wird auf diese Weise vermieden, mehr Bauraum vorzusehen.

Gemäß einer Ausführungsart der Erfindung ist der Anhänger dadurch gekennzeichnet, dass der Wegsensor als ein induktiver Wegsensor, ein kapazitiver Wegsensor oder ein Widerstandsänderungs-Wegsensor ausgebildet ist.

- 9 -

Die genannten Sensoren bestehen typischerweise aus einer feststehenden Komponente und einer beweglichen Komponente. Eine Veränderung der relativen Lage zueinander sorgt für eine Veränderung einer elektro-magnetischen Eigenschaft der feststehenden Komponente, die gemessen und durch Verrechnung mit einem Proportionalitätsfaktor oder einer entsprechenden Funktion als Abstands-Messsignal ausgegeben wird. Bevorzugt ist auf der Verbindungsstange ein Sensorziel befestigt und auf dem Anhänger ein Signalaufnehmer, der eine Veränderung des Abstands des Sensorziels zum Signalaufnehmer durch eine Veränderung einer Induktivität misst.

Die genannten Sensoren zeichnen sich dadurch aus, dass sie günstig, robust und genau sind. Ferner handelt es sich über elektronische Komponenten, die sich besonders einfach mit der restlichen Elektronik verbinden lassen.

Gemäß einer weiteren Ausführungsart werden optische Sensoren oder radargestützte Sensoren verwendet.

Gemäß einer Ausführungsart ist der Anhänger dadurch gekennzeichnet, dass die Verbindungsstange an dem Anhänger entlang ihrer Längsachse in Richtung einer anhängergezwandten und einer anhängergebzwandten Seite verschieblich gelagert ist.

Die Lagerung gemäß dieser Ausführungsart gewährt der Verbindungsstange nur einen Freiheitsgrad zur Relativbewegung zum Anhänger. Sie sorgt also dafür, dass sich die Verbindungsstange nur entlang ihrer Längsachse in Richtung einer anhängergezwandten Seite und einer anhängergebzwandten Seite bewegen kann. Die anhängergebzwandte Seite liegt näher an dem Schwerpunkt des Anhängers als die anhängergebzwandte Seite. Durch den von der Lagerung definierten Freiheitsgrad kann eine Position der Verbindungsstange relativ zum Anhänger als skalarer Abstand der Verbindungsstange zu einem festen Punkt des Anhängers bzw. im Wegsensorkoordinatensystem ausgedrückt werden. Die Lagerung kann insbesondere eine Linearführung sein.

Vorteilhaft an der Verwendung einer Lagerung, die der Verbindungsstange nur einen Freiheitsgrad entlang ihrer Längsachse gestattet, ist, dass eine verbesserte Regelung

vorgenommen werden kann. Eine solche Lagerung schränkt nämlich die Freiheitsgrade ein, sodass es einfacher ist, die physikalischen Vorgänge bei einer Veränderung des Abstandes zu modellieren und durch den Regler zu berücksichtigen.

Gemäß einer Ausführungsart weist der Anhänger eine weitere Lagerung auf, die eine Drehung des Wegsensors und mit diesem fest verbundene Bestandteile des Anhängers relativ zu dem Rest des Anhängers erlaubt. Bei der weiteren Lagerung kann es sich insbesondere um eine Lagerung handeln, die eine Drehung um die Hochachse ermöglicht. Alle relativen Angaben, die sich auf den Anhänger beziehen, beziehen sich in einem solchen Fall auf die Bestandteile des Anhängers, die mit dem Wegsensor und dessen Koordinatensystem fest verbunden sind.

Gemäß einer Ausführungsart ist der Anhänger dadurch gekennzeichnet, dass die Rechenvorschrift dazu ausgebildet ist, den Neutralpunkt ausgehend von dem Nullpunkt, der sich auf der Längsachse befindet, entlang der Längsachse in Richtung der anhängergebogenen Seite um einen Korrekturabstand zu verschieben, der positiv proportional zur bestimmten Fahrgeschwindigkeit minus eine Nullgeschwindigkeit ist.

Gemäß dieser Ausführungsart verwendet der Regler zur Berechnung der Position des Neutralpunktes einen linearen Zusammenhang. Gemäß dem Zusammenhang ist der Neutralpunkt durch den Korrekturabstand und den auf der Längsachse liegenden Nullpunkt definiert. Der Neutralpunkt entspricht dem Nullpunkt, nachdem dieser durch den Regler virtuell um Korrekturabstand entlang der Längsachse weg vom Schwerpunkt des Anhängers, d.h. in Richtung der anhängergebogenen Seite, verschoben wurde. Der Korrekturabstand wird mit der Fahrgeschwindigkeit berechnet. Dazu wird von der Fahrgeschwindigkeit die Nullgeschwindigkeit abgezogen und diese Differenz mit einem Proportionalitätsfaktor multipliziert.

Die Position des Neutralpunktes p ergibt sich mit der Nullposition p_0 , dem Korrekturabstand Δp , der Proportionalitätskonstante c , der Fahrgeschwindigkeit v und der Nullgeschwindigkeit v_0 gemäß dem folgenden Zusammenhang,

$$p = \Delta p + p_0 = c (v - v_0) + p_0.$$

Dieser Zusammenhang bedeutet, dass bei sofern die Fahrgeschwindigkeit der Nullgeschwindigkeit entspricht der Neutralpunkt dem Nullpunkt entspricht, es findet also keine Verschiebung des Neutralpunktes statt. Erst bei steigender Fahrgeschwindigkeit, die über die Nullgeschwindigkeit hinausgeht, wird der Neutralpunkt gegenüber dem Nullpunkt in Richtung der anhängergebzwandten Seite verschoben. Bei geringeren Geschwindigkeiten wiederum wird der Neutralpunkt gegenüber dem Nullpunkt in Richtung der anhängerbzwandten Seite verschoben. Der Neutralpunkt wandert bei höheren Geschwindigkeiten demnach in Richtung der Zugeinrichtung und bei niedrigeren Geschwindigkeiten von diesen weg.

Vorteilhaft an der beschriebenen Ausbildung des Reglers ist, dass eine feinfühligere Regelung erleichtert wird. Bei hohen Geschwindigkeiten kann ein großer Abstand zwischen Verbindungsstange und anhängerbzwandter Seite bestehen, aber es wird trotzdem nur eine kleine Regelabweichung berechnet. Die Verbindungsstange befindet sich also verhältnismäßig weit von der anhängerbzwandten Seite weg. Im Falle eines Bremsvorgangs durch das Zugfahrzeug kann sich die Verbindungsstange weit bewegen, bevor sie das Ende der Lagerung erreicht bzw. es zu einer Kollision mit sonstigen Bestandteilen des Anhängers kommt. Es kann also eine entsprechend große Regelabweichung entstehen, ohne dass es zu einer Kollision kommt.

Entsprechend gilt umgekehrt bei niedrigen Geschwindigkeiten, dass bei einem niedrigen Abstand zwischen anhängerbzwandter Seite und Verbindungsstange eine kleine Regelabweichung berechnet wird. Sobald das Zugfahrzeug oder die Zugeinrichtung beschleunigt, wobei bei niedrigen Geschwindigkeiten die Beschleunigung üblicherweise stärker als bei hohen Geschwindigkeiten ist, kann eine große Regelabweichung entstehen, bevor die Verbindungsstange kollidiert.

Die geschwindigkeitsveränderliche Verschiebung des Neutralpunktes erlaubt eine virtuelle Verlängerung des Freiraums, der der Verbindungsstange kollisionsfrei zur Verfügung steht. Dazu wird ausgenutzt, dass die Verbindungsstange bei hohen Geschwindigkeiten vor allem einen großen Abstand zur anhängerbzwandten Seite und bei niedrigen Geschwindigkeiten einen großen Abstand zur anhängergebzwandten Seite aufweisen muss, um entsprechende Kollisionen vermeiden zu können. Durch

die virtuelle Verlängerung können folglich auch größere Regelabweichungen toleriert werden.

Es ist vorteilhaft, den Regler so auszulegen, dass er mit größeren Regelabweichungen arbeitet. Durch die verwendeten elektronischen und mechanischen Komponenten weist der Regler Ungenauigkeiten auf, bspw. kann das Positionsmesssignal mit einem Rauschen beaufschlagt sein, oder ein entsprechender Analog-/Digital-Wandler sorgt für eine zeitliche Verzögerung. Diese Ungenauigkeiten führen dazu, dass bei kleinen Regelabweichungen ein verhältnismäßig großer Anteil der Regelabweichung auf die genannten Ungenauigkeiten zurückzuführen ist. Eine solche, fehlerbehaftete Regelabweichung zur Ansteuerung des Antriebs und der Bremseinrichtung zu verwenden, könnte zu einer zu starken oder schwachen Beschleunigung bzw. Verzögerung führen. Wenn, wie von der Erfindung vorgesehen, eine große Regelabweichung verwendet wird, sind die entsprechenden Ungenauigkeiten im Verhältnis zur restlichen Regelabweichungen weniger groß. Sie führen somit auch nicht zu einer Verfälschung des Steuer-Signals.

Gemäß einer Ausführungsart ist der Anhänger dadurch gekennzeichnet, dass der Regler dazu ausgebildet ist, den Korrekturabstand negativ proportional zur bestimmten Fahrgeschwindigkeit minus die Nullgeschwindigkeit zu berechnen, wenn die bestimmte Geschwindigkeit kleiner als eine Anfahrgeschwindigkeit ist, die kleiner als die Nullgeschwindigkeit ist.

Gemäß dieser Ausführungsart gibt es eine Anfahrgeschwindigkeit, welche kleiner als die Nullgeschwindigkeit ist. Wenn die Fahrgeschwindigkeit die Grenzggeschwindigkeit unterschreitet, wird nicht mehr die zuvor beschriebene lineare mathematische Funktion mit einem positiven Proportionalitätsfaktor zur Berechnung des Korrekturabstandes verwendet. Stattdessen wird eine stetig fallende Funktion verwendet. Die entsprechende Funktion ist so ausgebildet, dass sie stetig an die Funktion bei höherer Geschwindigkeit anschließt. Gemäß dieser Ausführungsart werden also bei Geschwindigkeiten unterhalb der Anfahrgeschwindigkeit, d.h. bei sehr geringen Geschwindigkeiten, Korrekturabstände berechnet, die größer sind als der Korrekturabstand, der bei der Anfahrgeschwindigkeit berechnet wird.

Das führt dazu, dass der Neutralpunkt etwas weiter in Richtung der anhängergebzwandten Seite verschoben wird. Es besteht bei einem Zustand ohne Regelabweichung demnach ein vergrößerter Abstand zwischen Neutralpunkt und anhängerbzwogewandter Seite. Wackeln oder sonstigen Unstetigkeiten beim Anfahren führen dann nicht direkt zu einer Kollision der Verbindungsstange mit den sonstigen Bestandteilen des Anhängers.

Gemäß einer Ausführungsart ist der Anhänger dadurch gekennzeichnet, dass der Regler dazu ausgebildet ist, den Radantrieb und/oder die Bremseinrichtung nur dann anzusteuern, wenn der Betrag der Regelabweichung größer als eine Toleranzabweichung ist.

Vorteilhaft an einer Toleranzabweichung ist, dass kleine Regelabweichungen nicht sofort zur Ansteuerung von Radantrieb und/oder Bremseinrichtung. Kleine Regelabweichungen können insbesondere durch nicht gleichförmige Zugkraftbelastung der Verbindungsstange entstehen. Typisch ist eine nicht gleichförmige Zugkraftbelastung, wenn das Zugfahrzeug ein Fahrrad ist, das durch Treten der Bedienperson angetrieben wird. Insbesondere bei hohen Geschwindigkeiten wären starke Beschleunigungen oder Verzögerungen nötig, um zu jeder Zeit auch kleine Regelabweichungen zu vermeiden. Das würde den Radantrieb und die Bremseinrichtung belasten. Eine Toleranzabweichung vorzusehen, führt also zu einer verringerten Belastung des Radantriebs und der Bremseinrichtung sowie dem gesamten Anhänger.

Gemäß einer Ausführungsart ist der Anhänger dadurch gekennzeichnet, dass der Regler dazu ausgebildet ist, die Toleranzabweichung positiv proportional zur bestimmten Fahrgeschwindigkeit zu berechnen.

Vorteilhaft ist es, die Toleranzabweichung bei großen Geschwindigkeiten größer zu wählen. Insbesondere bei solchen Geschwindigkeiten würde eine permanente Ansteuerung von Radantrieb und Bremseinrichtung zu einem beschleunigten Verschleiß dieser Komponenten führen.

- 14 -

Gemäß einer Ausführungsart ist der Anhänger dadurch gekennzeichnet, dass eine mechanische Bremsbetätigungseinrichtung vorhanden ist, die dazu ausgebildet ist, die Bremseinrichtung mechanisch zu betätigen, wenn zwischen Anhänger und Verbindungsstange ein Grenzabstand unterschritten wird.

Gemäß dieser Ausführungsart weist der Anhänger eine mechanische Bremsbetätigungseinrichtung für die Bremseinrichtung auf. Diese mechanische Bremsbetätigungseinrichtung dient als Redundanz zu der elektrischen Ansteuerung der Bremseinrichtung mittels des Reglers. Die Bremsbetätigungseinrichtung ist so ausgebildet, dass sie mechanisch ausgelöst wird, sobald die Verbindungsstange einen Grenzabstand zu dem Anhänger unterschreitet. Das kann insbesondere ein sehr geringer Abstand zwischen einem Teil der Verbindungsstange und bspw. einem Endanschlag sein. Es kann aber auch eine sonstige Einrichtung, wie bspw. ein hervorstehender Mitnehmer, der Verbindungsstange und ein entsprechender Anschlag an dem Anhänger vorgesehen sein, um die Bremsbetätigungseinrichtung abzubilden.

Vorteilhaft an einer mechanischen Bremsbetätigungseinrichtung ist, dass auch bei einem Stromausfall oder einer zu langsamen Regelung der Anhänger effektiv gebremst wird. Dadurch wird eine Kollision des Anhängers mit der Zugeinrichtung verhindert und es können entsprechende Schäden vermieden werden. Die mechanische Bremsbetätigungseinrichtung erhöht somit die Sicherheit des Anhängers im Betrieb.

Gemäß einer Ausführungsart ist der Anhänger dadurch gekennzeichnet, dass die mechanische Bremsbetätigungsrichtung

- a) einen Hebel umfasst, der so ausgebildet ist, dass er von der Verbindungsstange umgelegt wird, sobald der Grenzabstand unterschritten wird, und
- b) einen Seilzug umfasst, der mit der Bremseinrichtung sowie dem Hebel verbunden ist und dazu ausgebildet ist, durch ein Umlegen des Hebels gespannt zu werden.

Gemäß dieser Ausführung ist die mechanische Bremsbetätigungseinrichtung als Seilzug ausgeführt. Der Seilzug wird durch einen Hebel betätigt, der beim Unterschreiten

- 15 -

des Grenzabstandes durch die Verbindungsstange umgelegt wird. Eine solche Ausführungsart greift auf bewährte Komponenten zurück, sodass sie besonders zuverlässig ist.

Die Aufgabe wird auch durch ein Verfahren nach Anspruch 10 zum Regeln des Abstandes zwischen einem Anhänger mit mindestens einem Rad, einem Radantrieb sowie einer Bremseinrichtung und einer Verbindungsstange, die dazu ausgebildet ist, mit einer Zugeinrichtung verbunden zu werden, und die beweglich gelagert an dem Anhänger befestigt ist, das die Schritte

- Messen einer Position der Verbindungsstange relativ zu dem Anhänger,
- Messen einer Geschwindigkeit des Anhängers und/oder einer Geschwindigkeit der Verbindungsstange,
- Bestimmen einer Fahrgeschwindigkeit mittels der Geschwindigkeit des Anhängers und/oder der Geschwindigkeit der Verbindungsstange,
- Regeln der Ansteuerung des Radantriebs und/oder der Bremseinrichtung unter Verwendung einer Regelabweichung,

umfasst und dadurch gekennzeichnet ist, dass

- mit der Fahrgeschwindigkeit die Position eines Neutralpunktes relativ zum Anhänger ausgehend von einem Nullpunkt verschoben wird,
- die Regelabweichung mit dem Abstand zwischen der Position des Neutralpunktes und der Position der Verbindungsstange berechnet wird.

Das Verfahren ist insbesondere dazu geeignet, mit dem erfindungsgemäßen Anhänger durchgeführt zu werden. Es gelten die zuvor dargestellten Vorteile des erfindungsgemäßen Anhängers und seiner Ausführungsarten sinngemäß auch für das Verfahren sowie seine Ausführungsarten.

Gemäß einer Ausführungsart ist das Verfahren dadurch gekennzeichnet, dass

- 16 -

- die Verbindungsstange entlang ihrer Längsachse in Richtung einer anhängergewandten Seite oder einer anhängergebzwandten Seite verschoben wird,
- der Neutralpunkt ausgehend von dem Nullpunkt, der sich auf der Längsachse befindet, entlang der Längsachse in Richtung der anhängergebzwandten Seite um einen Korrekturabstand verschoben wird, der positiv proportional zur Fahrgeschwindigkeit minus eine Nullgeschwindigkeit ist.

Gemäß einer Ausführungsart ist das Verfahren dadurch gekennzeichnet, dass der Korrekturabstand negativ proportional zur Fahrgeschwindigkeit berechnet wird, wenn die bestimmte Fahrgeschwindigkeit kleiner als eine Anfahrgezwwindigkeit ist, die kleiner als die Nullgeschwindigkeit ist.

Gemäß einer Ausführungsart ist das Verfahren dadurch gekennzeichnet, dass der Radantrieb und/oder die Bremseinrichtung nur angesteuert werden, wenn der Betrag der Regelabweichung größer als eine Toleranzabweichung ist.

Gemäß einer Ausführungsart ist das Verfahren dadurch gekennzeichnet, dass die Toleranzabweichung positiv proportional zur Fahrgeschwindigkeit berechnet wird.

Gemäß einer Ausführungsart ist der Anhänger dadurch gekennzeichnet, dass die Bremseinrichtung mechanisch betätigt wird, wenn zwischen dem Anhänger und der Verbindungsstange ein Grenzabstand unterschritten wird.

Nachfolgend wird die Erfindung weiter anhand eines Ausführungsbeispiels erläutert. In den anliegenden Zeichnungen zeigen die Figuren:

- Fig. 1: einen erfindungsgemäßen Anhänger und ein Fahrrad;
- Fig. 2: ein Funktionsdiagramm des Anhängers;
- Fig. 3: eine schematische Darstellung einer Abstandmesseinrichtung;
- Fig. 4: eine schematische Darstellung eines oszillierenden Abstandes zwischen Anhänger und Zugfahrzeug;
- Fig. 5: eine schematische Darstellung des Korrekturabstandes in Abhängigkeit der Fahrgeschwindigkeit.

Fig. 1 zeigt einen erfindungsgemäßen Anhänger 1 und ein Fahrrad 2. Der Anhänger 1 und das Fahrrad 2 sind durch eine Koppelstange 3 verbunden. Der Anhänger verfügt über einen in dieser Ansicht nicht gesondert dargestellten Radantrieb. Durch den Radantrieb wird der Anhänger 1 so angetrieben, dass er dem Fahrrad 2 folgt, ohne dass der Fahrradfahrer dazu Muskelkraft aufwenden muss.

Fig. 2 zeigt ein Funktionsdiagramm des Anhängers 1. In dem Funktionsdiagramm ist die Beschleunigungs- und Verzögerungseinrichtung 4 eingezeichnet, die einen Radantrieb und eine Bremseinrichtung umfasst. Diese wird von einer Energiequelle 5 mit Energie versorgt, die zum Antreiben nötig ist. Dabei werden Antrieb und Bremseinrichtung durch den Regler 6 angesteuert. Die Ansteuerung erfolgt so, dass der Fahrradfahrer, oder ein sonstiges Zugfahrzeug, möglichst nicht mitbekommt, dass hinter dem Fahrrad der Anhänger 1 hinterherfährt. Um eine entsprechende Regelung sicherzustellen, misst die Abstandmesseinrichtung 7 den Abstand zwischen dem Fahrrad 2 und dem Anhänger 1. Der Abstand wird an den Regler 6 übertragen.

Fig. 3 zeigt eine schematische Darstellung der Abstandmesseinrichtung 7. Die Abstandmesseinrichtung 7 weist ein Gehäuse 8 auf, das mit dem restlichen Anhänger 1

fest verbunden ist. In das Gehäuse ragt eine Verbindungsstange 9. Die Verbindungsstange 9 ist mit dem Schlitten 10 verbunden, der auf der Linearführung 11 beweglich befestigt ist. Die Linearführung 11 definiert den Freiheitsgrad, den die Verbindungsstange 9 bei einer Relativbewegung zu dem Gehäuse 8 zurücklegen kann. Der Bewegungsfreiraum der Verbindungsstange 9 ist durch die Wand des Gehäuses auf der rechten Seite begrenzt, den die Verbindungsstange mit dem Gummiendstopp 12 berührt, sobald sich die Verbindungsstange 9 so weit wie möglich nach rechts bewegt hat. Auf der linken Seite ist der Bewegungsfreiraum durch den Gummiendstopp 13 begrenzt. Die rechte Seite entspricht einer dem Fahrrad zugewandten anhängergebundenen Seite. Die linke Seite entspricht folglich einer anhängerbegewandten Seite. Die entsprechenden Anschläge in Form der Gummiendstopps 12, 13 definieren ein anhängerbegewandtes Ende des Wegs und ein anhängerbegewandtes Ende des Wegs, den die Verbindungsstange 9 zurücklegen kann.

Auf der Verbindungsstange 9 ist ein Sensorziel 14 befestigt. Der Wegaufnehmer 15 ist in der Lage, die Position des Sensorziels 14 relativ zu ihm zu ermitteln. Der Wegaufnehmer 15 sowie sein Koordinatensystem sind dabei fest mit dem Gehäuse 8 und somit mit dem Anhänger 1 verbunden. Die Messung der Position des Sensorziels 14 relativ zu dem Wegaufnehmer 15 entspricht somit einer Messung der Verbindungsstange 8 relativ zu dem Anhänger 1. Es handelt sich bei dem Wegaufnehmer 15 um einen induktiven Wegaufnehmer. Das Sensorziel 14 und der Wegaufnehmer 15 bilden einen Wegsensor.

Der Regler 6 ist dazu ausgebildet ist, von der gemessenen Position der Verbindungsstange eine Position eines Neutralpunktes zu subtrahieren und so die Regelabweichung zu berechnen. Gemäß der Regelabweichung steuert der Regler 6 den Radantrieb und die Bremseinrichtung an, sodass der Anhänger 1 beschleunigt oder gebremst wird. Durch die Linearführung 11 ist bedingt, dass sich die Verbindungsstange 9 relativ zu dem Gehäuse 8 und dem Anhänger 1 nur entlang eines definierten Wegs bewegen kann, nämlich entlang der Längsachse der Verbindungsstange 9. Der Neutralpunkt befindet sich auch auf der Längsachse. Die Regelabweichung lässt sich somit auch durch einen Abstand entlang der Längsachse ausdrücken. Je nachdem, ob sich die Verbindungsstange relativ zu dem Neutralpunkt näher an der

anhängerabgewandten oder näher an der anhängierzugewandten Seite befindet, ist die Regelabweichung positiv oder negativ.

Sobald die Verbindungsstange 9 den anhängierzugewandten Gummiendstopp 13 berührt und sich weiterhin in Richtung der anhängierzugewandten Wand des Gehäuses 8 bewegt, wird der Hebel 16 umgelegt. Er dreht sich dabei um die Lagerstelle 17. Durch das Umlegen des Hebels 16 wird der Seilzug 18 gespannt. Der Seilzug 18 ist mit der Bremseinrichtung des Anhängers 1 verbunden. Es handelt sich bei dem Hebel 16 und bei dem Seilzug 18 um eine mechanische Bremsbetätigungseinrichtung, die die Bremseinrichtung betätigt, sobald ein Grenzabstand zwischen Anhänger 1 und Fahrrad 2 sowie der mit dem Fahrrad 2 verbundenen Verbindungsstange 8 unterschritten wird.

Fig. 4 zeigt eine schematische Darstellung eines oszillierenden Abstandes 19 zwischen Anhänger 1 und Zugfahrzeug 2, der durch ein Treten des Fahrradfahrers entsteht. Diesen Abstand 19 durch eine entsprechende Beschleunigung und Verzögerung des Anhängers 1 auszuregeln, würde zu einer großen Belastung des Antriebstrangs führen.

Fig. 5 zeigt eine schematische Darstellung des Korrekturabstandes in Abhängigkeit der Fahrgeschwindigkeit, wobei der Korrekturabstand auf der horizontalen Achse dargestellt sowie mit „Position“ bezeichnet ist und die Fahrgeschwindigkeit auf der vertikalen Achse dargestellt sowie mit „Geschwindigkeit“ bezeichnet ist. Die Fahrgeschwindigkeit entspricht in diesem Ausführungsbeispiel der Anhängergeschwindigkeit, sie kann aber auch der Fahrradgeschwindigkeit oder einer Verrechnung dieser beiden Geschwindigkeiten entsprechen.

Der Korrekturabstand dient dazu, eine Verschiebung des Neutralpunktes entlang der Längsachse vorzunehmen. Folglich liegt bei verschiedenen Fahrgeschwindigkeiten jeweils bei einer verschiedenen Position der Verbindungsstange 9 relativ zu dem Wegaufnehmer 15 bzw. dem Gehäuse 8 bzw. dem Anhänger 1 keine Regelabweichung vor

Die Darstellung zeigt zu vier verschiedenen Fahrgeschwindigkeiten gehörende Stellungen der Verbindungsstange 9, bei denen keine Regelabweichung vorliegt. Einer Nullgeschwindigkeit 20 ist die Stellung 21 zugeordnet. Einer höheren Fahrgeschwindigkeit ist die Stellung 22 zugeordnet. Einer Anfahrgeschwindigkeit 23 ist die Stellung 24 zugeordnet. Einer Fahrgeschwindigkeit unterhalb der Anfahrgeschwindigkeit ist die Stellung 25 zugeordnet.

Aus den Darstellungen zu den Stellungen 21, 22 und 24 ist ersichtlich, dass sich die Verbindungsstange 9 mit steigender Fahrgeschwindigkeit weiter in Richtung der anhängergebzwandten rechten Seite bewegen muss, damit keine Regelabweichung vorliegt. Das liegt an dem gezeigten Verlauf des Korrekturabstands, der mit steigender Fahrgeschwindigkeit zunimmt und zu der Nullposition hinzuaddiert wird, um den Neutralpunkt zu berechnen. Bei der Nullgeschwindigkeit 20 liegt kein Korrekturabstand vor. Der Nullpunkt entspricht dem Neutralpunkt. Die Verbindungsstange 9 befindet sich in dem gezeigten Zustand ohne Regelabweichung mittig der anhängerbzwandten und der anhängergebzwandten Seite. Oberhalb der Nullgeschwindigkeit 20 ist der Korrekturabstand positiv, sodass der Neutralpunkt in Richtung der anhängergebzwandten Seite verschoben wird. Unterhalb der Nullgeschwindigkeit 20 wird der Neutralpunkt in Richtung der anhängerbzwandten Seite verschoben. Dem entsprechend muss die Verbindungsstange 9 in Richtung der anhängerbzwandten oder der anhängergebzwandten Seite verschoben sein, damit keine Regelabweichung vorliegt. Unterhalb der Anfahrgeschwindigkeit 23 steigt der Korrekturabstand nochmals. Dem entsprechend muss sich die Verbindungsstange wieder etwas weiter in Richtung der anhängergebzwandten Seite bewegen, damit keine Regelabweichung vorliegt.

Die Geschwindigkeitsabhängigkeit des Korrekturabstands führt dazu, dass der Neutralpunkt und somit auch die Verbindungsstange 9 bei hohen Geschwindigkeiten näher an der anhängergebzwandten Seite ist. Dadurch kann eine große Regelabweichung beim Bremsen des Fahrrads 2 entstehen, bevor die Verbindungsstange 9 das anhängerbzwandte Ende in Form des Gummienstopps 13 berührt. Andererseits führt Die Geschwindigkeitsabhängigkeit des Korrekturabstands dazu, dass der Neutralpunkt und damit die Verbindungsstange 9 bei niedrigen Geschwindigkeiten näher an dem anhängerbzwandten Ende ist. Dadurch kann eine große Regelabweichung

beim Beschleunigen des Fahrrads 2 entstehen, bevor die Verbindungsstange 9 das anhängerabgewandte Ende in Form des Gummiendstopps 12 erreicht.

Große Regelabweichungen sind weniger stark von Rauschen überlagert, das durch mechanische und elektronische Ungenauigkeiten der verwendeten Bauteile entsteht. Eine große Regelabweichung ermöglicht dadurch eine feinfühligere Regelung. Bei sehr niedrigen Geschwindigkeiten ist der Korrekturabstand so gewählt, dass der Neutralpunkt etwas weiter von der anhängierzugewandten Seite entfernt ist, um Ruckeln oder Wackeln beim Anfahren zu kompensieren.

Ferner ist in Fig. 5 dargestellt, dass eine Toleranzabweichung 26 vorliegt. Die Regelabweichung muss so groß sein, dass die Position der Verbindungsstange 9 außerhalb der jeweiligen Toleranzabweichung liegt, damit der Regler 6 eine Ansteuerung der Beschleunigungs- und Verzögerungseinrichtung 4 vornimmt. Die Toleranzabweichung 26 nimmt mit steigender Fahrgeschwindigkeit zu. Die Toleranzabweichung verhindert, dass die Beschleunigungs- und Verzögerungseinrichtung bei verhältnismäßig kleinen Regelabweichungen angesteuert wird. Das schont die Beschleunigungs- und Verzögerungseinrichtung und beugt Verschleiß vor.

Bezugszeichen

- 1 Anhänger
- 2 Fahrrad
- 3 Koppelstange
- 4 Beschleunigungs- und Verzögerungseinrichtung
- 5 Energiequelle
- 6 Regler
- 7 Abstandsmesseinrichtung
- 8 Gehäuse
- 9 Verbindungsstange
- 10 Schlitten
- 11 Linearführung
- 12 Anhängerabgewandter Gummiendstopp
- 13 Anhängerzugewandter Endstopp
- 14 Sensorziel
- 15 Wegaufnehmer
- 16 Hebel
- 17 Lagerstelle
- 18 Seilzug
- 19 Oszillierender Abstand
- 20 Nullgeschwindigkeit
- 21 Nullgeschwindigkeit Stellung
- 22 Höhere Geschwindigkeit Stellung
- 23 Anfahrgeschwindigkeit
- 24 Anfahrgeschwindigkeit Stellung
- 25 Unter Anfahrgeschwindigkeit Stellung
- 26 Toleranzabweichung

Ansprüche

- 1) Anhänger (1) mit mindestens einem angetriebenen Rad, umfassend
 - eine Energiequelle (5), die dazu ausgebildet ist, einen Radantrieb mit Energie zu versorgen,
 - eine Bremsenrichtung zum Verzögern des mindestens einen Rads,
 - eine Verbindungsstange (9), die dazu ausgebildet ist, mit einer Zugvorrichtung verbunden zu werden, und die beweglich an dem Anhänger gelagert ist,
 - einen Wegsensor, der dazu ausgebildet ist, die Position der Verbindungsstange (9) relativ zu dem Anhänger (1) zu messen,
 - eine Geschwindigkeitsmesseinrichtung, die dazu ausgebildet ist, die Fahrgeschwindigkeit basierend auf einer Messung der Geschwindigkeit des Anhängers und/oder der Verbindungsstange zu bestimmen, und
 - einen elektronischen Regler (6), dadurch gekennzeichnet, dass
 - der Regler (6) dazu ausgebildet ist,
 - die Position eines Neutralpunktes relativ zum Anhänger (1) ausgehend von einem Nullpunkt in Abhängigkeit von der bestimmten Fahrgeschwindigkeit zu verschieben,
 - eine Regelabweichung mit dem Abstand zwischen der Position des Neutralpunktes und der gemessenen Position der Verbindungsstange (9) zu berechnen und
 - mit der Regelabweichung Radantrieb und/oder die Bremsenrichtung anzusteuern.

- 24 -

- 2) Anhänger (1) nach dem vorherigen Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass der Wegsensor als ein induktiver Wegsensor, ein kapazitiver Wegsensor oder ein Widerstandsänderungs-Wegsensor ausgebildet ist.
- 3) Anhänger (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Verbindungsstange (9) an dem Anhänger (1) entlang ihrer Längsachse in Richtung einer anhängierzugewandten und einer anhängergebzwandten Seite verschieblich gelagert ist.
- 4) Anhänger (1) nach dem vorherigen Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass der Regler (6) dazu ausgebildet ist, den Neutralpunkt ausgehend von dem Nullpunkt, der sich auf der Längsachse befindet, entlang der Längsachse in Richtung der anhängergebzwandten Seite um einen Korrekturabstand zu verschieben, der positiv proportional zur bestimmten Fahrgeschwindigkeit minus eine Nullgeschwindigkeit ist.
- 5) Anhänger (1) nach dem vorherigen Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass der Regler (6) dazu ausgebildet ist, den Korrekturabstand negativ proportional zur bestimmten Fahrgeschwindigkeit minus die Nullgeschwindigkeit zu berechnen, wenn die bestimmte Geschwindigkeit kleiner als eine Anfahrgeachwindigkeit ist, die kleiner als die Nullgeschwindigkeit ist.
- 6) Anhänger (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Regler (6) dazu ausgebildet ist, den Radantrieb und/oder die Bremsenrichtung nur dann anzusteuern, wenn der Betrag der Regelabweichung größer als eine Toleranzabweichung ist.

- 25 -

- 7) Anhänger (1) nach dem vorherigen Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass der Regler (6) dazu ausgebildet ist, die Toleranzabweichung positiv proportional zur bestimmten Fahrgeschwindigkeit zu berechnen.
- 8) Anhänger (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine mechanische Bremsbetätigungseinrichtung vorhanden ist, die dazu ausgebildet ist, die Bremseinrichtung mechanisch zu betätigen, wenn zwischen Anhänger (1) und Verbindungsstange (9) ein Grenzabstand unterschritten wird.
- 9) Anhänger (1) nach dem vorherigen Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass die mechanische Bremsbetätigungseinrichtung
 - einen Hebel (16) umfasst, der so ausgebildet ist, dass er von der Verbindungsstange (9) umgelegt wird, sobald der Grenzabstand unterschritten wird, und
 - einen Seilzug (18) umfasst, der mit der Bremseinrichtung sowie dem Hebel (16) verbunden ist und dazu ausgebildet ist, durch ein Umlegen des Hebels (16) gespannt zu werden.
- 10) Verfahren zum Regeln des Abstandes zwischen einem Anhänger (1) mit mindestens einem Rad, einem Radantrieb sowie einer Bremseinrichtung und einer Verbindungsstange (9), die dazu ausgebildet ist, mit einer Zugeinrichtung verbunden zu werden, und die beweglich gelagert an dem Anhänger (1) befestigt ist, umfassend die Schritte
 - Messen einer Position der Verbindungsstange (9) relativ zu dem Anhänger (1),
 - Messen einer Geschwindigkeit des Anhängers (1) und/oder einer Geschwindigkeit der Verbindungsstange (9),

- 26 -

- Bestimmen einer Fahrgeschwindigkeit mittels der Geschwindigkeit des Anhängers (1) und/oder der Geschwindigkeit der Verbindungsstange (9),
- Regeln der Ansteuerung des Radantriebs und/oder der Bremseinrichtung unter Verwendung einer Regelabweichung,
- dadurch gekennzeichnet, dass
- mit der Fahrgeschwindigkeit die Position eines Neutralpunktes relativ zum Anhänger (1) ausgehend von einem Nullpunkt verschoben wird,
- die Regelabweichung mit dem Abstand zwischen der Position des Neutralpunktes und der Position der Verbindungsstange berechnet wird.

11) Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass

- die Verbindungsstange (9) entlang ihrer Längsachse in Richtung einer anhängierzugewandten Seite oder einer anhängerabgewandten Seite verschoben wird,
- der Neutralpunkt ausgehend von dem Nullpunkt, der sich auf der Längsachse befindet, entlang der Längsachse in Richtung der anhängerabgewandten Seite um einen Korrekturabstand verschoben wird, der positiv proportional zur Fahrgeschwindigkeit minus eine Nullgeschwindigkeit ist.

12) Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Korrekturabstand negativ proportional zur Fahrgeschwindigkeit berechnet wird, wenn die bestimmte Fahrgeschwindigkeit kleiner als eine Anfahrgeschwindigkeit ist, die kleiner als die Nullgeschwindigkeit ist.

- 27 -

- 13) Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass der Radantrieb und/oder die Bremseinrichtung nur angesteuert werden, wenn der Betrag der Regelabweichung größer als eine Toleranzabweichung ist.
- 14) Verfahren nach dem vorherigen Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass die Toleranzabweichung positiv proportional zur Fahrgeschwindigkeit berechnet wird.
- 15) Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Bremseinrichtung mechanisch betätigt wird, wenn zwischen dem Anhänger und der Verbindungsstange ein Grenzabstand unterschritten wird.