

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Überwachung der Standsicherheit einer Arbeitsmaschine, insbesondere einer Autobetonpumpe, nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1, eine Arbeitsmaschine mit einer Steuereinheit, die zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens eingerichtet ist, sowie ein entsprechendes Computerprogrammprodukt.

[0002] Viele aus dem Stand der Technik bekannte Arbeitsmaschinen wie beispielsweise Mobilkrane oder Autobetonpumpen weisen einen fahrbaren Unterwagen, einen drehbar auf dem Unterwagen gelagerten Aufbau (bei Mobilkranen ist dies der Oberwagen mit Ausleger, bei Autobetonpumpen der in der Regel faltbare Verteilermast) sowie eine Abstützvorrichtung auf. Letztere dient dazu, die Lasten des Aufbaus sowie ggf. weitere auf den Unterwagen wirkende Kräfte in den Untergrund abzuleiten und einen stabilen Stand der Arbeitsmaschine sicherzustellen.

[0003] Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf Autobetonpumpen mit einem drehbar auf einem Unterwagen gelagerten Verteilermast. Letzterer kann beispielsweise auf einen mit einem Fahrzeuggestell verbundenen Mastbock drehbar gelagert sein. Die Ausführungen gelten jedoch analog für andere gattungsgemäße Arbeitsmaschinen wie Mobilkrane oder Raupenbetonpumpen mit Verteilermast.

[0004] Unter Berücksichtigung verschiedener Lastannahmen - in Europa und weiten Teilen der Welt beruhend auf der deutschen Norm DIN 24117 - erfolgen Standsicherheitsnachweise für Autobetonpumpen üblicherweise durch einen simplen Vergleich der kippenden Drehmomente (Kippmomente) mit den rückstellenden Drehmomenten (Standmomente) der Maschine um einen Kippunkt. Sind die Standmomente größer als die Kippmomente, gilt die Maschine als standsicher.

[0005] Die Kippmomente resultieren bei Autobetonpumpen im Wesentlichen aus dem Verteilermast samt Eigen- und Betriebslasten sowie ungünstig wirkenden äußeren Einwirkungen wie z.B. Wind. Aus einer mathematischen Überlagerung des Schwerpunkts des Verteilermasts mit dem Schwerpunkt des Unterwagens ergibt sich der sogenannte Schwerpunktkreis der Arbeitsmaschine als kreisförmige Fläche, innerhalb der sich der Schwerpunkt der gesamten Maschine bei Bewegung des Verteilermasts befindet.

[0006] Die Verbindungslinien zweier benachbarter Stützfüße der Abstützung bzw. des Abstützsystems der Maschine auf Höhe der Aufstandsfläche werden als Kippkanten bezeichnet. Eine Autobetonpumpe (bzw. generell jede abgestützte Arbeitsmaschine) besitzt mindestens drei, üblicherweise jedoch vier Stützfüße und somit Kippkanten, wobei die Anzahl der Stützfüße und Kippkanten nach oben hin unbegrenzt ist. Alle Kippkanten der Maschine umschließen eine beliebige geometrische Fläche. Befindet sich der Gesamtschwerpunkt der Arbeitsmaschine innerhalb dieser Fläche, so gilt die Ma-

schine als standsicher. Ein Ziel bei der Konstruktion von Autobetonpumpen ist es, die von den Kippkanten umschlossene Fläche bestmöglich auszunutzen.

[0007] Üblicherweise werden die Abstützgeometrien von Autobetonpumpen diskret so dimensioniert, dass die Kippkanten den Schwerpunktkreis an der jeweiligen Stelle des kürzesten Abstands zum Mittelpunkt des Schwerpunktkreises gerade nicht berühren. Dabei wird üblicherweise die für die jeweilige Abstützkonfiguration zugelassene oder vorgesehene ungünstigste Verteilermaststellung angenommen. Der Vorteil dieses Vorgehens mit Fokus auf Grenzsituationen ist die vergleichsweise einfache Berechnung unabhängig von der tatsächlichen Stellung des Verteilermasts.

[0008] Neben einer Zunahme des Arbeitsaufwands bei einer zeitgemäßen Anzahl an Abstützmöglichkeiten moderner Autobetonpumpen, liegt der Nachteil dieser Vorgehensweise in ihrem konservativen Ansatz: so beschränkt die Annahme einer abstützspezifischen Maximalausladung des Verteilermasts insbesondere bei Schmalabstützungen die Schwenkbereiche des Verteilermast unnötig gegenüber einem in Wirklichkeit mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht derart ungünstig gestellten Verteilermast. Zum anderen ist das Abbilden des Kippmoments als Schwerpunktkreis nicht deckungsgleich mit der durch die Kippkanten gebildeten Fläche - es verbleiben hierbei Bereiche außerhalb des Schwerpunktkreises aber innerhalb der durch die Kippkanten umschlossenen Fläche, die als Arbeitsbereich des Verteilermasts nicht genutzt werden.

[0009] Bei Autobetonpumpen kann eine Kippmomentermittlung über eine Messung des Hydraulikdrucks im Zylinderantrieb des ersten Verteilermastgelenks in Verbindung mit der Erfassung des Neigungswinkels dieses Arms und des Schwenkwinkels des Verteilermasts erfolgen. Die weitere Maststellung wird hierbei nur insoweit berücksichtigt, wie weitere diskrete Datensignale verfügbar sind. Eine standsicherheitsrelevante Schrägstellung der Maschine wird ebenfalls nicht in Echtzeit erfasst (z. B. eine Verkürzung der Hebelarme durch eine Schrägstellung gegenüber einem ideal waagerechten Aufbau), sondern meist indirekt über konservative Annahmen bei der Gestaltung des Abstützsystems berücksichtigt. Das ermittelte Lastmoment kann dann mit einem Standmoment aus vorgegebenen Maschinendaten und einer Weg- oder Schwenkwinkelmessung der horizontalen Stützbeinantriebe und damit mit der jeweiligen Stützbeinposition abgeglichen werden. Ein solches System arbeitet zweidimensional in der Horizontalen, vertikale Effekte bleiben hierbei jedoch unberücksichtigt.

[0010] Nachteilhaft ist ferner, dass eine Echtzeitmessung von Lastdaten wie Hydraulikdrücken erfahrungsgemäß das Problem einer großen Unschärfe der Messdaten aufgrund von Messrauschen mit sich bringt, die es systemseitig durch entsprechende Filter und damit unter Inkaufnahme von Abstrichen bei der Leistungsfähigkeit auszugleichen gilt.

[0011] Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Auf-

gabe zugrunde, ein Verfahren anzugeben, welches bei gattungsgemäßen Arbeitsmaschinen eine sichere und effiziente Überwachung der Standsicherheit ermöglicht und die vorgenannten Nachteile zu überwinden weiß.

[0012] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1, eine Arbeitsmaschine mit den Merkmalen des Anspruchs 13 sowie ein Computerprogrammprodukt mit den Merkmalen des Anspruchs 15 gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung.

[0013] Demnach wird einerseits ein Verfahren zur Überwachung der Standsicherheit einer Arbeitsmaschine, insbesondere einer Autobetonpumpe, vorgeschlagen. Die Arbeitsmaschine umfasst dabei einen Unterwagen, einen auf dem Unterwagen drehbar gelagerten Aufbau sowie eine verstellbare Abstützung zum Abstützen der Arbeitsmaschine. Der Unterwagen ist vorzugsweise verfahrbar und kann ein Rad- oder ein Raupenfahrwerk aufweisen.

[0014] Erfindungsgemäß wird bei dem Verfahren ein aktueller dreidimensionaler Schwerpunktvektor basierend auf mindestens einer gemessenen aktuellen Stellung der Arbeitsmaschine ermittelt. Der Schwerpunktvektor weist also nicht nur horizontale, sondern auch eine vertikale Komponente auf. Der ermittelte aktuelle Schwerpunktvektor wird auf eine Hilfsebene projiziert, wodurch ein zweidimensionaler, projizierter Schwerpunktvektor erhalten wird, dessen Koordinaten von der Wahl der Hilfsebene abhängen.

[0015] Die gemessene aktuelle Stellung der Arbeitsmaschine kann sich auf ein einzelnes bewegliches Bauteil, beispielsweise einen Gelenkarm des Aufbaus, oder auf mehrere bewegliche Bauteile beziehen. Der aktuelle Schwerpunktvektor kann neben Messwerten auch auf weiteren Informationen wie z.B. geometrischen Daten eines oder mehrerer beweglicher Teile der Arbeitsmaschine bzw. des Aufbaus basieren.

[0016] Darüber hinaus wird eine aktuelle, durch die Abstützung definierte Kippkante der Arbeitsmaschine auf besagte Hilfsebene projiziert. Aus diesen Projektionen wird ein Grenzvektor ermittelt, der sich innerhalb der Hilfsebene vom Ursprung des Schwerpunktvektors bzw. des projizierten Schwerpunktvektors entlang der von letzterem vorgegebenen Richtung bis zur projizierten Kippkante erstreckt. Die Kippkante kann selbst durch Vektoren definiert sein, die sich auf denselben Ursprung wie der Schwerpunktvektor beziehen. Insbesondere kann es sich bei der genannten Kippkante um einen Kippkantenvektor handeln. Ebenfalls ist es denkbar, dass gleichzeitig mehrere oder alle Kippkanten der aktuellen Abstützung auf die Hilfsebene projiziert werden.

[0017] Erfindungsgemäß wird eine Differenz des projizierten Schwerpunktvektors und des Grenzvektors berechnet, wobei es sich bei besagter Differenz um den Betrag des Differenzvektors oder um die Differenz der Beträge des projizierten Schwerpunktvektors und des Grenzvektors handeln kann. Im letztgenannten und vor-

liegend bevorzugten Fall sagt das erhaltene Vorzeichen etwas darüber aus, ob sich der zum Schwerpunktvektor gehörige Schwerpunkt innerhalb oder außerhalb der Kippkante befindet und damit, ob ein Reichweitenzugewinn durch eine fortgesetzte Bewegung des Aufbaus (beispielsweise ein weiteres Ausfahren eines Verteilermasts) möglich ist oder nicht.

[0018] Auf der Grundlage der berechneten Differenz wird erfindungsgemäß automatisch eine Aktion durchgeführt, beispielsweise durch eine die vorstehend beschriebenen Berechnungen durchführende Steuereinheit der Arbeitsmaschine. Besagte Aktion, die also vom Wert der berechneten Differenz abhängt, kann die Steuerung wenigstens eines Antriebs der Arbeitsmaschine (beispielsweise eines Aktuators des Aufbaus) und/oder die Ausgabe eines Signals umfassen. Die Ausgabe eines Signals kann eine simple Anzeige eines Werts und/oder eine grafische Darstellung auf einer Anzeigeeinheit, beispielsweise einem Monitor in einer Fahrerkabine oder an einem Führerstand der Arbeitsmaschine oder auf einem mobilen Steuergerät zur Steuerung der Arbeitsmaschine, umfassen. Ebenfalls ist eine Regelung eines oder mehrerer Aktuatoren der Arbeitsmaschine basierend auf den Signalen der Steuereinheit und somit basierend auf einer regelmäßigen Berechnung der Differenz denkbar.

[0019] Die Grundidee der vorliegenden Erfindung besteht also darin, sowohl die Lage eines für die Kippsicherheit relevanten Schwerpunkts der Arbeitsmaschine (charakterisiert durch den aktuellen Schwerpunktvektor) als auch die Lage der Kippkante(n) (z.B. charakterisiert durch entsprechende Kippkantenvektoren) bezogen auf einen gemeinsamen Ursprung räumlich zu beschreiben und per Projektion auf eine gemeinsame Bezugsebene (Hilfsebene) als Standsicherheitsbedingung gleichzusetzen. Die Standsicherheitsbedingung entspricht dabei dem rechnerischen Vergleich durch Differenzbildung des projizierten Schwerpunktvektors mit dem Grenzvektor, insbesondere der Beträge des projizierten Schwerpunktvektors mit dem Grenzvektor.

[0020] Für jede beliebige Stellung des Aufbaus und der Abstützkonfiguration liefert der Wert der Differenz eine Aussage darüber, wie weit der Schwerpunkt von der für die aktuelle Bewegung relevanten Kippkante entfernt ist, sodass bei einer Annäherung ggf. frühzeitig eine Warnung angezeigt oder Gegenmaßnahmen eingeleitet werden können. Sind die Kippmomente gleich den Standmomenten, ist die Differenz gleich Null.

[0021] Durch den vektoriellen Ansatz gelingt es, den für die Kippsicherheit der Arbeitsmaschine relevanten Schwerpunkt, beispielsweise den Schwerpunkt des Aufbaus bzw. bei einer Autobetonpumpe den Schwerpunkt des Verteilermasts, soweit geometrisch-mechanisch möglich jeder beliebigen von theoretisch unbegrenzt vielen Kippkanten umschlossenen Fläche folgen zu lassen und damit keinerlei mögliche Arbeitsbereiche zu verschenken.

[0022] Der gemeinsame Ursprung, auf den sich der Schwerpunktvektor und der Grenzvektor beziehen, kann

ein beliebiger Punkt in der Hilfsebene sein. Ebenfalls ist es denkbar, dass der Ursprung in einer, in zwei oder in drei Dimensionen durch eine mechanische bzw. geometrische Gegebenheit der Arbeitsmaschine festgelegt ist, beispielsweise durch einen Anlenkpunkt eines beweglichen Teils des Aufbaus oder eine Drehachse des Aufbaus oder eines Teils desselben.

[0023] In einer möglichen Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Ermittlung des Schwerpunktvektors und/oder des Grenzvektors während des Betriebs der Arbeitsmaschine in regelmäßigen Zeitabständen erfolgt. Dadurch ist eine kontinuierliche bzw. in Echtzeit erfolgende Überwachung der Standsicherheit der Arbeitsmaschine möglich. Dabei wird für jede Bewegung der Arbeitsmaschine der tatsächlich zur Verfügung stehende Arbeitsbereich, innerhalb dessen die Standsicherheit gewährleistet ist, vorzugsweise vollständig ausgenutzt.

[0024] In einer weiteren möglichen Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Ermittlung des Schwerpunktvektors und/oder des Grenzvektors während des Betriebs der Arbeitsmaschine in Reaktion auf eine Bewegung der Arbeitsmaschine, insbesondere eine Bewegung bzw. Veränderung der Abstützung und/oder des Aufbaus, erfolgt. Steht die Arbeitsmaschine still, braucht die Berechnung der Vektoren bzw. der Differenz nicht aktualisiert zu werden. Erfolgt hingegen eine Bewegung, werden die Werte aktualisiert bzw. neu berechnet.

[0025] Die ereignis- bzw. bewegungsbasierte Überwachung kann der in regelmäßigen Abständen erfolgenden Ermittlung der Schwerpunkt- und/oder Grenzvektoren überlagert sein, beispielsweise indem die Werte unabhängig von einer Bewegung in größeren Zeitabständen regelmäßig aktualisiert werden.

[0026] In einer weiteren möglichen Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Hilfsebene horizontal orientiert ist. Ebenfalls ist denkbar, dass die Orientierung der Hilfsebene festgelegt werden kann, beispielsweise durch eine Eingabe des Maschinenführers in ein Eingabemittel.

[0027] Generell ist die Orientierung der Hilfsebene vorzugsweise unabhängig von der tatsächlichen Orientierung bzw. Neigung der Arbeitsmaschine, sodass eine sich auf die Standsicherheit auswirkende Neigung der Arbeitsmaschine bei der Überwachung berücksichtigt werden kann.

[0028] In einer weiteren möglichen Ausführungsform ist vorgesehen, dass sich der aktuelle dreidimensionale Schwerpunktvektor auf den Gesamtschwerpunkt der Arbeitsmaschine bezieht. Alternativ kann sich der aktuelle dreidimensionale Schwerpunktvektor auf den Gesamtschwerpunkt des Aufbaus (bei einer Autobetonpumpe also auf den Gesamtschwerpunkt des Verteilmasts) oder auch nur auf einen Schwerpunkt eines Teils des Aufbaus, insbesondere eines ersten Gelenkarms des Aufbaus, beziehen.

[0029] Für die Überwachung der Standsicherheit einer Autobetonpumpe kann es beispielsweise ausreichen, den Anstellwinkel eines ersten Gelenkarms des Verteilmasts zu manipulieren, um bei ansonsten beliebiger

Verteilmaststellung den Schwerpunkt des Verteilmasts innerhalb üblicher Kippkanten zu halten. Dadurch muss nicht die exakte Stellung des Verteilmasts bzw. die Positionen sämtlicher beweglicher Teile des Verteilmasts erfasst und/oder manipuliert werden, was die Überwachung erheblich vereinfacht.

[0030] Ist eine höhere Genauigkeit bei der Standsicherheitsüberwachung gewünscht, kann selbstverständlich auch eine vollständige Erfassung der genauen Stellung des Aufbaus (bzw. aller seiner beweglichen Teile) erfolgen, um einen möglichst präzisen Wert für den tatsächlichen Schwerpunkt in die Berechnungen eingehen zu lassen.

[0031] In einer weiteren möglichen Ausführungsform ist vorgesehen, dass zur Ermittlung des aktuellen dreidimensionalen Schwerpunktvektors eine oder mehrere der folgenden Größen erfasst wird:

- eine Neigung bzw. Schrägstellung der Arbeitsmaschine, insbesondere des Unterwagens, welche beispielsweise mittels eines Neigungsgebers erfasst werden kann;
- ein Drehwinkel des Aufbaus relativ zum Unterwagen, z.B. durch eine Messung über einen Drehwinkelgeber;
- ein Schwenkwinkel mindestens eines schwenkbar gelagerten Teils des Aufbaus, beispielsweise eines Verteilmastgelenks, welcher z.B. mittels eines Drehwinkelgebers und/oder per Wegmesser in einem Gelenkantriebszylinder gemessen werden kann; selbstverständlich können hierbei Schwenkwinkel von mehr als einem schwenkbaren Teil gemessen werden, beispielsweise die Gelenkwinkel aller Verteilmastgelenke bei einer Autobetonpumpe;
- eine Ausschublänge mindestens eines teleskopierbaren Teils des Aufbaus, beispielsweise gemessen durch einen Weggeber;
- ein Druck in einem Hydraulikkreis oder Hydraulikantrieb, insbesondere in einem Hydraulikzylinder, mittels welchem sich ein erster Gelenkarm des Aufbaus verschwenken lässt, wobei die Messung über einen Drucksensor erfolgen kann; bei dem genannten Hydraulikantrieb kann es sich beispielsweise um den Hydraulikzylinder des A-Gelenks eines Verteilmasts einer Autobetonpumpe handeln, aber auch um einen Hydraulikmotor oder eine Hydraulikpumpe;
- eine Windstärke und/oder Windrichtung, beispielsweise gemessen über ein oder mehrere Anemometer, die an einer oder verschiedenen Positionen an der Arbeitsmaschine angeordnet sein können.

[0032] Zur bestmöglichen Ermittlung des aktuellen Schwerpunktvektors ist die Arbeitsmaschine vorzugsweise mit einer umfassenden Messtechnik für die Erfassung der zuvor genannten Messgrößen ausgestattet. Mithilfe dieser Messgrößen lässt sich die zur Standsicherheitsaussage notwendige Vektorrechnung bei-

spielsweise auf dem Steuergerät bzw. der Steuereinheit der Arbeitsmaschine und vorzugsweise unter Berücksichtigung maschinenspezifischer Konstanten wie Gelenkarm- und/oder Stützbeinlängen in Echtzeit durchführen. Die gemessenen Echtzeitdaten der Maschine sind vorzugsweise rauscharme Geometriedaten aus Weg- und Winkelmessungen. Eine Messung des Hydraulikdrucks in Bezug auf einen Hydraulikantrieb der Arbeitsmaschine, beispielsweise des Hydraulikzylinders des A-Gelenks eines Verteilmasts, kann dann optional zusätzlich zur Verbesserung der Aussagekraft der Standsicherheitsüberwachung herangezogen werden, wie weiter unten beschrieben ist.

[0033] In einer weiteren möglichen Ausführungsform ist vorgesehen, dass zur Ermittlung des aktuellen dreidimensionalen Schwerpunktvektors zusätzlich zu den gemessenen Echtzeitdaten gespeicherte Informationen der Arbeitsmaschine herangezogen werden. Bei diesen Informationen kann es sich um geometrische Daten betreffend mindestens ein Bauteil des Unterwagens und/oder des Aufbaus und/oder der Abstützung handeln, beispielsweise um Gelenkarm-längen, Bauteilmassen, Stützbeinlängen und dergleichen mehr. Diese Daten können auf einer Datenbank der Arbeitsmaschine hinterlegt sein, beispielsweise auf einem Speicher der Steuereinheit der Arbeitsmaschine oder auf einem separaten Speicherbaustein, auf den die Steuereinheit Zugriff hat. Ebenfalls ist es denkbar, dass die Daten auf einer externen Rechneinheit oder in einer Cloud hinterlegt sind, mit der die Arbeitsmaschine in drahtloser kommunikativer Verbindung steht, sodass der Steuereinheit die benötigten Daten zur Verfügung gestellt werden können.

[0034] In einer weiteren möglichen Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Ermittlung des aktuellen dreidimensionalen Schwerpunktvektors und/oder die Ermittlung der aktuellen Kippkante ausschließlich auf gemessenen Größen beruht, die durch Weg- und/oder Winkelmessungen erhalten werden. Derartige Messungen sind besonders rauscharm und daher aussagekräftig.

[0035] Selbstverständlich ist in einer vorteilhaften Ausgestaltung vorstellbar, die gemessenen Geometriedaten durch über weitere Messtechnik hinzugefügte Messwerte zu ergänzen und so die Effizienz der Standsicherheitsüberwachung zu steigern - eine Hydraulikdruckmessung im Zylinder des A-Gelenks eines Verteilmasts einer Autobetonpumpe könnte etwa Aufschluss darüber liefern, ob die angenommene Höchstdichte des Fördermediums tatsächlich erreicht wird. Bei einer niedrigeren Dichte ließe sich eine größere Reichweite des Verteilmasts in Abhängigkeit von der Abstützgeometrie erlauben. Auch die bereits angesprochene Messung der Windstärke und/oder -richtung kann zusätzliche Daten für die Standsicherheitsüberwachung liefern, um deren Aussagekraft zu verbessern.

[0036] In einer weiteren möglichen Ausführungsform ist ein Planungsmodus vorgesehen, welcher es ermöglicht, in Abhängigkeit einer vom Bediener der Arbeitsmaschine gewünschten räumlichen Zielposition, bei einer

Autobetonpumpe beispielsweise der Verteilmastspitze, eine dafür erforderliche, d.h. die Standsicherheit gewährleistende Mindestabstützgeometrie zu berechnen, bevor die Maschine zum Einsatz gebracht wird.

[0037] Der Planungsmodus erlaubt es, eine gewünschte Stellung der Arbeitsmaschine, insbesondere des Aufbaus, festzulegen, insbesondere durch eine Eingabe über ein Eingabemittel. Für die gewünschte Stellung wird dann ein entsprechender zukünftiger, dreidimensionaler Schwerpunktvektor berechnet und auf die Hilfsebene projiziert. Basierend darauf wird eine sichere Abstützposition und/oder Kippkante ermittelt, deren Projektion auf die Hilfsebene eine Differenz der Beträge von projiziertem Schwerpunktvektor und Grenzvektor ergibt, die einem bestimmten Wert entspricht. Dieser Wert kann Null betragen (d.h. die Standsicherheitsbedingung ist an der berechneten Kippkante genau erfüllt), oder es wird eine Kippkante in einem gewissen Sicherheitsabstand ermittelt, d.h. der Wert der Differenz der Vektorbeträge entspricht einem definierten und insbesondere festlegbaren negativen Wert (da der projizierte Schwerpunkt innerhalb der Kippkanten liegt). Der Sicherheitsabstand kann durch den Bediener oder werkseitig festlegbar bzw. einstellbar sein.

[0038] Es ist denkbar, dass die Planung durch den Bediener der Arbeitsmaschine selbst durchgeführt werden kann, d.h. die Eingabe der Zielposition erfolgt durch ein Eingabemittel direkt an bzw. in der Arbeitsmaschine (z. B. an einem Führerstand oder in einer Fahrerkabine). Alternativ oder zusätzlich kann vorgesehen sein, dass die Planung außerhalb der Arbeitsmaschine erfolgt und die entsprechenden Daten drahtlos an die Arbeitsmaschine bzw. das die Planungen durchführende Planungsmodul / Planungsmittel gesendet werden.

[0039] Der Planungsmodus kann von einem Planungsmittel durchgeführt werden. Dabei kann es sich um einen von der Steuereinheit der Arbeitsmaschine separaten Rechner handeln, der sich in der Arbeitsmaschine oder an einem anderen Ort befinden kann. Bei dem Planungsmittel kann es sich auch um einen Softwarebaustein handeln, der beispielsweise in der Steuereinheit der Arbeitsmaschine ausgeführt wird.

[0040] In einem umgekehrten Planungsmodus könnte optional die geplante Bewegung der Arbeitsmaschine bzw. des Aufbaus "durchgespielt" werden, ohne die Maschine tatsächlich zu bewegen, wobei für die virtuelle Bewegung bzw. die entsprechenden Stellungen die Differenz gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren berechnen und die Standsicherheit überprüft wird. Dadurch kann es beispielsweise möglich sein, für eine gewünschte Zielposition der Arbeitsmaschine dem Bediener anzuzeigen, ob diese bei der aktuellen Abstützposition möglich ist oder nicht. Falls sie nicht möglich ist, könnte eventuell dem Bediener ein Vorschlag für eine alternative, sichere Bewegung / Position oder für eine Veränderung der Abstützung, die eine sichere Durchführung der gewünschten Bewegung erlaubt, angezeigt werden.

[0041] In einer weiteren möglichen Ausführungsform

ist vorgesehen, dass die Abstützung mindestens drei Stützfüße umfasst, wobei die Stützfüße vorzugsweise in einer zur Drehachse des Aufbaus parallelen Richtung ein- und ausfahrbar sind (d.h. bei einem horizontalen Untergrund fahren die Stützfüße vertikal ein und aus, beispielsweise über entsprechende hydraulische Abstützzylinder, welche selbst die Stützfüße bilden können). Alternativ oder zusätzlich sind vorzugsweise zumindest zwei Stützfüße jeweils an einem schwenkbar und/oder teleskopierbar am Unterwagen gelagerten Stützbein angeordnet. Vorzugsweise sind vier Stützfüße und entsprechend vier schwenkbare und/oder teleskopierbare Stützbeine vorhanden. Hier sind jedoch bei der Anzahl der Stützfüße und -beine nach oben keine Grenzen gesetzt.

[0042] In einer weiteren möglichen Ausführungsform ist vorgesehen, dass zur Ermittlung der aktuellen Kippkante(n) eine oder mehrere der folgenden Größen erfasst wird:

- eine Ausschublänge mindestens eines Stützfußes in einer zur Drehachse des Aufbaus parallelen Richtung, z.B. per Wegmesser; vorzugsweise können alle Stützfüße mittels hydraulischen Abstützzylindern ein- und ausgefahren werden, wobei die Ausschublängen aller Abstützzylinder über eine entsprechende Anzahl von Wegmessern erfasst werden;
- eine Ausschublänge mindestens eines teleskopierbaren Stützbeins, z.B. per Wegmesser;
- ein Schwenkwinkel mindestens eines schwenkbar am Unterwagen gelagerten Stützbeins, beispielsweise per Drehwinkelgeber oder über Wegmesser in einem die Schwenkbewegung steuernden Stützbeinantriebszylinder.

[0043] Zur bestmöglichen Ermittlung der Lage aller Kippkanten ist die Arbeitsmaschine vorzugsweise mit einer umfassenden Messtechnik für die Erfassung der zuvor genannten Messgrößen ausgestattet, insbesondere in allen vorhandenen Stützfüßen bzw. -beinen. Zusätzlich zu den Winkel- und/oder Wegmessungen können auch hier zusätzliche Informationen über einen oder mehrere Drucksensoren zur Erfassung eines oder mehrerer Hydraulikdrücke gewonnen werden, wobei vorzugsweise primär rauscharme Winkel- und Wegmessungen für die Berechnungen herangezogen werden.

[0044] In einer weiteren möglichen Ausführungsform ist vorgesehen, dass eine aktuelle Bewegung des Aufbaus automatisch gebremst oder gestoppt wird, sobald die berechnete Differenz des projizierten Schwerpunktvektors und des Grenzvektors einem Wert von Null oder einem definierten und insbesondere festlegbaren Wert entspricht. Dadurch wird ein Überfahren der Kippkante und somit ein Kippen der Arbeitsmaschine verhindert. Um ein abruptes Stoppen bei Erreichen der Kippkante und somit potenziell schädliche Schwingungen zu vermeiden, kann vorgesehen sein, dass ein kontrollierter Bremsvorgang erfolgt, sobald die berechnete Differenz einen definierten Wert erreicht, also noch bevor die Kipp-

kante erreicht wird.

[0045] Alternativ oder zusätzlich kann ein Warnsignal ausgegeben werden, sobald die berechnete Differenz des projizierten Schwerpunktvektors und des Grenzvektors einem Wert von Null oder einem definierten und insbesondere festlegbaren Wert entspricht. Hierbei kann es sich beispielsweise um ein optisches und/oder akustisches Warnsignal handeln.

[0046] Selbstverständlich kann gleichzeitig zu dieser / diesen Maßnahmen eine kontinuierliche Anzeige der relevanten Werte und/oder eine grafische Anzeige der Arbeitsmaschine und/oder des tatsächlichen oder projizierten Schwerpunkts und/oder der tatsächlichen oder projizierten Kippkanten auf einer Anzeigeeinheit erfolgen, damit der Bediener die aktuelle Betriebssituation und Standsicherheit der Arbeitsmaschine im Blick hat.

[0047] Die vorliegende Erfindung betrifft ferner eine Arbeitsmaschine mit einer Steuereinheit, welche eingerichtet ist, das erfindungsgemäße Verfahren durchzuführen. Dabei ergeben sich offensichtlich dieselben Vorteile und Eigenschaften wie für das erfindungsgemäße Verfahren, weshalb auf eine wiederholende Beschreibung verzichtet wird.

[0048] Vorzugsweise umfasst die Arbeitsmaschine mindestens einen Sensor, der mit der Steuereinheit in kommunikativer Verbindung steht. Hierbei kann es sich um einen oder mehrere der oben genannten Sensoren zur Erfassung der in die Berechnung der Differenz eingehenden Größen handeln.

[0049] In einer möglichen Ausführungsform ist vorgesehen, dass es sich bei der erfindungsgemäßen Arbeitsmaschine um eine Autobetonpumpe mit einem auf dem Unterwagen drehbar gelagerten und insbesondere faltbaren Betonverteilmast handelt. Letzterer kann auf einem Mastbock gelagert sein, welcher auf einem Fahrzeugrahmen montiert ist.

[0050] Die vorliegende Erfindung betrifft ferner ein Computerprogrammprodukt, welches Befehle umfasst, die bei der Ausführung des Programms durch eine Steuereinheit einer Arbeitsmaschine die Steuereinheit veranlassen, das erfindungsgemäße Verfahren durchzuführen. Das Computerprogrammprodukt kann ein Berechnungsmittel umfassen, das die Ermittlung der Schwerpunkt- und Grenzvektoren sowie die Berechnung der Differenz durchführt. Alternativ oder zusätzlich kann das Computerprogrammprodukt ein Steuerungsmittel umfassen, welches basierend auf der berechneten Differenz Steuerbefehle und/oder Signale für entsprechende Anzeigen generiert, um die jeweils vorgesehene Aktion durchzuführen oder zu initiieren. Alternativ oder zusätzlich kann das Computerprogrammprodukt ein Planungsmittel umfassen, wie oben beschrieben. Alternativ oder zusätzlich kann das Computerprogrammprodukt ein Anzeigemittel umfassen, das eine entsprechende numerische Anzeige eines oder mehrerer der berechneten Werte und/oder eine grafische Anzeige generiert, die auf einer Anzeigeeinheit wie z.B. einem in / an der Arbeitsmaschine vorgesehenen Display oder einem mobilen Gerät

einem Bediener angezeigt wird.

[0051] Weitere Merkmale, Einzelheiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den nachfolgend anhand der Figuren erläuterten Ausführungsbeispielen. Es zeigen:

Figur 1: eine schematische Darstellung verschiedener Komponenten zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens gemäß einem Ausführungsbeispiel;

Figur 2: eine schematische Darstellung der vektoriellen Zusammenhänge bei der erfindungsgemäßen Standsicherheitsüberwachung; und

Figur 3: eine schematische Darstellung der ersten beiden Gelenkarme des Verteilermasts einer Autobetonpumpe gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung;

[0052] Die Figur 1 zeigt verschiedene Komponenten einer erfindungsgemäßen Arbeitsmaschine gemäß einem Ausführungsbeispiel zur Durchführung der erfindungsgemäßen Verfahrens zur Standsicherheitsüberwachung, wobei hier nur die wichtigsten Komponenten schematisch dargestellt sind.

[0053] Eine Steuereinheit 10 der Arbeitsmaschine erhält Messwerte von einer Reihe von Sensoren, die kollektiv durch den Kasten 12 bezeichnet sind. Obwohl es sich hierbei prinzipiell um einen einzelnen Sensor 12 handeln kann, ist es bevorzugt, wenn mehrere Sensoren 12 unterschiedliche Messwerte zur Stellung der Arbeitsmaschine und deren Abstützung liefern, um dadurch eine möglichst präzise Aussage zur Standsicherheit zu erhalten. Bei den Sensoren 12 kann es sich um Winkelgeber, Wegmesser, Drucksensoren, Anemometer, Neigungssensoren, Beschleunigungssensoren, optische Sensoren, akustische Sensoren etc. handeln, die ihre Messwerte an die Steuereinheit 10 liefern.

[0054] Die Steuereinheit 10 ermittelt aus diesen Messwerten einen der aktuellen Stellung der Arbeitsmaschine (bzw. des für die Schwerpunktberechnung herangezogenen Teils derselben - dabei kann es sich beispielsweise nur um den drehbar auf dem Unterwagen gelagerten Aufbau 1 handeln) entsprechenden dreidimensionalen

Schwerpunktvektor $\vec{S}$, welcher auf eine (im hier beschriebenen Ausführungsbeispiel) horizontale Hilfsebene H projiziert wird. Eine schematische Darstellung der relevanten Größen und Vektoren findet sich in der Figur 2.

[0055] Die Arbeitsmaschine ist im gezeigten Ausführungsbeispiel durch eine Abstützung umfassend vier Stützfüße (schematisch durch die Punkte 20 repräsentiert) abgestützt, welche über hydraulische Abstützylinder ein- und ausgefahren werden können. Die Stützfüße können sich an schwenk- und/oder teleskopierbaren Stützbeinen befinden, die mit dem Unterwagen der Ar-

beitsmaschine verbunden sind. Die Verbindungsgeraden zwischen den Stützfüßen 20 bilden Kippkanten K.

[0056] Um die Neigung der Arbeitsmaschine mit in die Berechnungen einzubeziehen, werden die Kippkanten K ebenfalls auf die gemeinsame Hilfsebene H projiziert. Die projizierten Kippkanten H' können durch Vektoren bzw. Kippkantenvektoren repräsentiert sein.

[0057] Für die Berechnung des Schwerpunktvektors

$\vec{S}$ und/oder der Kippkanten K greift die Steuereinheit 10 auf Maschinendaten wie z.B. Konstanten, Bauteilmassen oder geometrische Daten von Bauteilen der Arbeitsmaschine zu, die auf einem Speicher oder einer Datenbank 14 hinterlegt sind. Diese(r) kann sich innerhalb oder außerhalb der Arbeitsmaschine befinden oder Teil der Steuereinheit 10 sein.

[0058] In der in Fig. 2 gezeigten Situation befindet sich der Schwerpunkt des betrachteten Systems außerhalb der Kippkanten K, was sich dadurch äußert, dass der

projizierte (zweidimensionale) Schwerpunktvektor $\vec{S}'$ eine der projizierten Kippkanten K' schneidet.

[0059] Um diesen Umstand zu quantifizieren, ermittelt

die Steuereinheit 10 einen Grenzvektor $\vec{Q}$, der sich vom Ursprungspunkt U des Schwerpunktvektors $\vec{S}$ entlang

einer durch den projizierten Schwerpunktvektor $\vec{S}'$ definierten Geraden bis zur projizierten Kippkante K' er-

streckt. Der Grenzvektor $\vec{Q}$ liegt also ebenfalls innerhalb der gemeinsamen Hilfsebene H und verläuft parallel zum

projizierten Schwerpunktvektor $\vec{S}'$.

[0060] Die Steuereinheit 10 berechnet nun die Differenz

$|\vec{S}'| - |\vec{Q}|$ der Beträge des projizierten Schwer-

punktvektors $\vec{S}'$ und des Grenzvektors $\vec{Q}$. Ist diese Differenz gleich Null, so befindet sich der Schwerpunkt genau auf der Kippkante K'. Hat die Differenz ein negatives Vorzeichen, so befindet sich der Schwerpunkt innerhalb der Kippkanten K', sodass die Standsicherheit gewährleistet ist. Ein positives Vorzeichen zeigt an, dass sich der Schwerpunkt außerhalb der Kippkanten K' befindet (wie in der Figur 2 zu sehen). In dieser Situation droht ein Kippen der Arbeitsmaschine, was es zu vermeiden gilt

[0061] Die Steuereinheit 10 ist mit einer Anzeigeeinheit 40 verbunden und übermittelt Signale an diese. Hierbei ist es vorstellbar, dass auf der Anzeigeeinheit 40 die relevanten Werte, beispielsweise die berechnete Differenz und/oder einige oder alle der erfassten Messwerte und/oder hiervon abgeleitete Größen, numerisch und/oder grafisch repräsentiert angezeigt werden.

[0062] Ebenfalls könnte zur einfacheren visuellen Überwachung der Standsicherheit durch den Bediener

und für eine bessere Übersichtlichkeit eine grafische Anzeige der relevanten Vektoren erfolgen, beispielsweise in einer schematischen Weise ähnlich zur Figur 2. Auch eine Darstellung des Arbeitsgeräts und/oder Aufbaus 1 in Kombination mit den Kippkanten K, K' und dem ermittelten Schwerpunkt (jeweils auf die Hilfsebene H projiziert und/oder in drei Dimensionen) ist denkbar, sodass der Bediener die geometrischen Zusammenhänge und Abstände auf einen Blick überwachen kann.

[0063] Um rechtzeitig vor einem potenziell gefährlichen Überfahren des Schwerpunkts über eine Kippkante K einzugreifen, kann die Steuereinheit 10 mit mindestens einem Aktuator 30 des Arbeitsgeräts verbunden sein und entsprechende Steuersignale an diesen senden, um die aktuelle Bewegung automatisch zu stoppen oder kontrolliert abzubremesen. Dies kann vollautomatisch erfolgen oder es kann dem Bediener zunächst nur eine Warnung angezeigt werden. Vorzugsweise lassen sich mehrere Aktuatoren 30, beispielsweise der gesamte Aufbau (bzw. Verteilermast bei einer Autobetonpumpe) durch die Steuereinheit 10 steuern.

[0064] In der Steuereinheit 10 kann ferner ein Planungsmittel 16 in Form eines Softwarebausteins implementiert sein, um beispielsweise für eine gewünschte Zielposition des Aufbaus 1 (z.B. bei einer Autobetonpumpe eine Zielposition der Verteilermastspitze) eine erforderliche Mindestabstützgeometrie bzw. sichere Kippkante zu errechnen.

[0065] Bei der Arbeitsmaschine kann es sich um eine Autobetonpumpe mit einem auf einem Unterwagen drehbar gelagerten Verteilermast 1 handeln. Der Mast 1 ist insbesondere faltbar ausgebildet und umfasst mehrere gelenkig miteinander verbundene Gelenkarme, die durch entsprechende Aktuatoren (insbesondere Hydraulikzylinder) bewegbar bzw. verschwenkbar sind.

[0066] In der Figur 3 ist ein Ausführungsbeispiel eines Verteilermasts 1 einer Autobetonpumpe schematisch in einer Seitenansicht dargestellt, wobei nur die ersten beiden Gelenkarme 3, 4 und der Mastbock 5 gezeigt sind. Der erste Gelenkarm 3 ist über ein erstes Gelenk 2 (sogenanntes A-Gelenk) am Mastbock 5 angelenkt und über einen ersten (nicht dargestellten) Hydraulikzylinder verschwenkbar.

[0067] Der dem erfindungsgemäßen Überwachungsverfahren zugrunde liegende Schwerpunktvektor $\vec{S}$ kann sich auf den Gesamtschwerpunkt der Autobetonpumpe (also Unterwagen und Verteilermast 1 kombiniert) beziehen. Um die Berechnungen und Messtechnik zu vereinfachen, kann aber auch nur der Schwerpunkt des Verteilermasts 1 zugrunde gelegt werden.

[0068] Unter Inkaufnahme von Abstrichen bei der Qualität der Standsicherheitsaussage lässt sich ggf. die ideale Maschinenausstattung mit Messtechnik verringern - bei üblichen Maschinenneigungen und Aushüben etwa fallen Aushubunterschiede der Abstützzyylinder in der Regel kaum ins Gewicht.

[0069] So kann es beispielsweise für die Überwachung

der Standsicherheit einer Autobetonpumpe ausreichen, den Anstellwinkel α_1 eines ersten Gelenkarms 3 des Verteilermasts 1 zu manipulieren, um bei ansonsten beliebiger Verteilermaststellung den Schwerpunkt des Verteilermasts 1 innerhalb üblicher Kippkanten K zu halten. Reduziert auf den Anstellwinkel α_1 des ersten Verteilermastgelenks 2 (sogenanntes A-Gelenk) als Steuergröße ergibt sich der mathematische Zusammenhang zur Standsicherheitsaussage im Sinne der vorliegenden Erfindung gemäß folgender Gleichung:

$$\cos(\alpha_1) = 1 - \frac{|\vec{S}'| - |\vec{Q}|}{l_{Arm1}},$$

wobei l_{Arm1} die Länge des ersten Gelenkarms 3 des Verteilermasts 1 bezeichnet.

20 Bezugszeichenliste:

[0070]	1	Aufbau (Verteilermast)
	2	Erstes Gelenk (A-Gelenk)
	3	Erster Gelenkarm
25	4	Zweiter Gelenkarm
	5	Mastbock
	10	Steuereinheit
	12	Sensor
	14	Datenbank / Speicher
30	16	Planungsmittel
	20	Stützfuß
	30	Aktuator
	40	Anzeigeeinheit
	α_1	Anstellwinkel
35	H	Hilfsebene
	K	Kippkante
	K'	Projizierte Kippkante
	l_{Arm1}	Länge des ersten Gelenkarms
40	$\vec{Q}$	Grenzvektor
	$\vec{S}$	Dreidimensionaler Schwerpunktvektor
	$\vec{S}'$	Projizierter Schwerpunktvektor
45	U	Ursprungspunkt

Patentansprüche

1. Verfahren zur Überwachung der Standsicherheit einer Arbeitsmaschine, insbesondere einer Autobetonpumpe, wobei die Arbeitsmaschine einen Unterwagen, einen auf dem Unterwagen drehbar gelagerten Aufbau (1) sowie eine verstellbare Abstützung zum Abstützen der Arbeitsmaschine umfasst, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- ein aktueller dreidimensionaler Schwerpunktvektor ($\vec{S}$) basierend auf mindestens einer gemessenen aktuellen Stellung der Arbeitsmaschine ermittelt und auf eine Hilfsebene (H) projiziert wird,
 - eine aktuelle, durch die Abstützung definierte Kippkante (K) der Arbeitsmaschine auf die Hilfsebene (H) projiziert wird,
 - ein sich parallel zum projizierten Schwerpunktvektor ($\vec{S}$) von dessen Ursprung zur projizierten Kippkante (K') erstreckender Grenzvektor ($\vec{Q}$) ermittelt wird,
 - eine Differenz des projizierten Schwerpunktvektors ($\vec{S}$) und des Grenzvektors ($\vec{Q}$) berechnet wird und
 - basierend auf der berechneten Differenz automatisch eine Aktion durchgeführt wird, insbesondere wenigstens ein Antrieb der Arbeitsmaschine angesteuert und/oder ein Signal ausgegeben wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Ermittlung des Schwerpunktvektors ($\vec{S}$, $\vec{S}'$) und/oder des Grenzvektors ($\vec{Q}$) während des Betriebs der Arbeitsmaschine in regelmäßigen Zeitabständen erfolgt.
 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Ermittlung des Schwerpunktvektors ($\vec{S}$, $\vec{S}'$) und/oder des Grenzvektors ($\vec{Q}$) während des Betriebs der Arbeitsmaschine in Reaktion auf eine Bewegung der Arbeitsmaschine, insbesondere eine Bewegung der Abstützung und/oder des Aufbaus (1), erfolgt.
 4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Hilfsebene (H) horizontal orientiert oder in ihrer Orientierung festlegbar ist.
 5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei sich der aktuelle dreidimensionale Schwerpunktvektor ($\vec{S}$) auf den Gesamtschwerpunkt der Arbeitsmaschine, auf den Gesamtschwerpunkt des Aufbaus (1) oder auf einen Schwerpunkt eines Teils des Aufbaus (1), insbesondere eines ersten Gelenkarms (3) des Aufbaus (1), bezieht.
 6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei zur Ermittlung des aktuellen dreidimen-

sionalen Schwerpunktvektors ($\vec{S}$) eine oder mehrere der folgenden Größen erfasst, insbesondere mittels jeweils mindestens eines Sensors (12) gemessen, wird:

- eine Neigung der Arbeitsmaschine, insbesondere des Unterwagens,
- ein Drehwinkel des Aufbaus (1) relativ zum Unterwagen,
- ein Schwenkwinkel eines schwenkbar gelagerten Teils des Aufbaus (1),
- eine Ausschublänge eines teleskopierbaren Teils des Aufbaus (1),
- ein Druck in einem Hydraulikkreis oder Hydraulikantrieb, insbesondere in einem Hydraulikzylinder, mittels welchem sich ein erster Gelenkarm (3) des Aufbaus (1) verschwenken lässt,
- eine Windstärke und/oder Windrichtung.

7. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei zur Ermittlung des aktuellen dreidimen-

len Schwerpunktvektors ($\vec{S}$) zusätzlich gespeicherte Informationen der Arbeitsmaschine, insbesondere geometrische Daten betreffend mindestens ein Bauteil des Unterwagens und/oder des Aufbaus (1) und/oder der Abstützung, herangezogen werden.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Ermittlung des aktuellen dreidimen-

sionalen Schwerpunktvektors ($\vec{S}$) und/oder die Ermittlung der aktuellen Kippkante (K) ausschließlich auf gemessenen Größen beruht, die durch eine Wegmessung oder eine Winkelmessung erhalten werden.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei in einem Planungsmodus eine gewünschte Stellung der Arbeitsmaschine, insbesondere des Aufbaus (1), festgelegt wird, insbesondere durch eine Eingabe über ein Eingabemittel, für die gewünschte Stellung ein zukünftiger dreidimensionaler Schwerpunktvektor ($\vec{S}'$) berechnet und auf die Hilfsebene (H) projiziert wird und basierend darauf eine sichere Abstützposition oder Kippkante (K) ermittelt wird, deren Projektion auf die Hilfsebene (H) eine Differenz der Beträge von projiziertem

Schwerpunktvektor ($\vec{S}$) und Grenzvektor ($\vec{Q}$) ergibt, die einem Wert von Null oder einem definierten und insbesondere festlegbaren negativen Wert entspricht.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

che, wobei die Abstützung mindestens drei Stützfüße (20) umfasst, wobei die Stützfüße (20) vorzugsweise in einer zur Drehachse des Aufbaus (1) parallelen Richtung ein- und ausfahrbar sind und/oder wobei vorzugsweise zumindest zwei Stützfüße (20) jeweils an einem schwenkbar und/oder teleskopierbar am Unterwagen gelagerten Stützbein angeordnet sind.

11. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei zur Ermittlung der aktuellen Kippkante (K) eine oder mehrere der folgenden Größen erfasst, insbesondere mittels jeweils mindestens eines Sensors (12) gemessen, wird:

- eine Ausschublänge eines Stützfußes (20) in einer zur Drehachse des Aufbaus (1) parallelen Richtung,
- eine Ausschublänge eines teleskopierbaren Stützbeins,
- ein Schwenkwinkel eines schwenkbar am Unterwagen gelagerten Stützbeins.

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei eine aktuelle Bewegung des Aufbaus (1) automatisch gebremst oder gestoppt wird und/oder ein Warnsignal ausgegeben wird, sobald die berechnete Differenz des projizierten Schwerpunktvektors ($\vec{S}$) und des Grenzvektors ($\vec{Q}$) einem Wert von Null oder einem definierten und insbesondere festlegbaren Wert entspricht.

13. Arbeitsmaschine mit einer Steuereinheit (10), welche eingerichtet ist, das Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche durchzuführen, wobei die Arbeitsmaschine vorzugsweise mindestens einen Sensor (12) umfasst, der mit der Steuereinheit (10) in kommunikativer Verbindung steht.

14. Arbeitsmaschine nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei es sich bei dieser um eine Autobetonpumpe mit einem auf dem Unterwagen drehbar gelagerten Betonverteilmast handelt.

15. Computerprogrammprodukt umfassend Befehle, die bei der Ausführung des Programms durch eine Steuereinheit (10) einer Arbeitsmaschine diese veranlassen, das Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12 auszuführen.

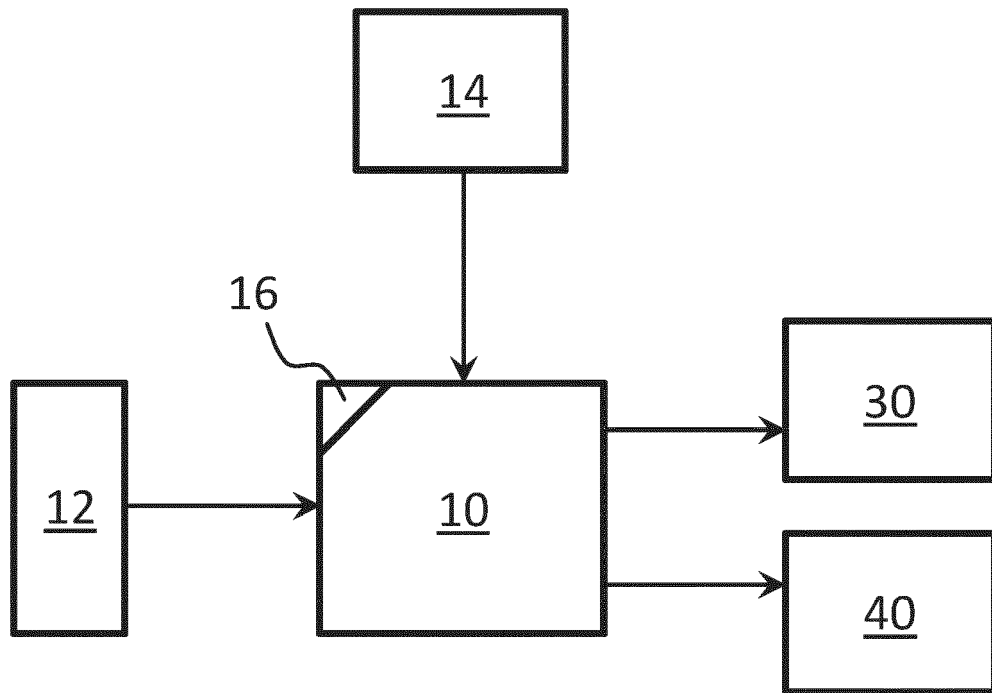


Fig. 1

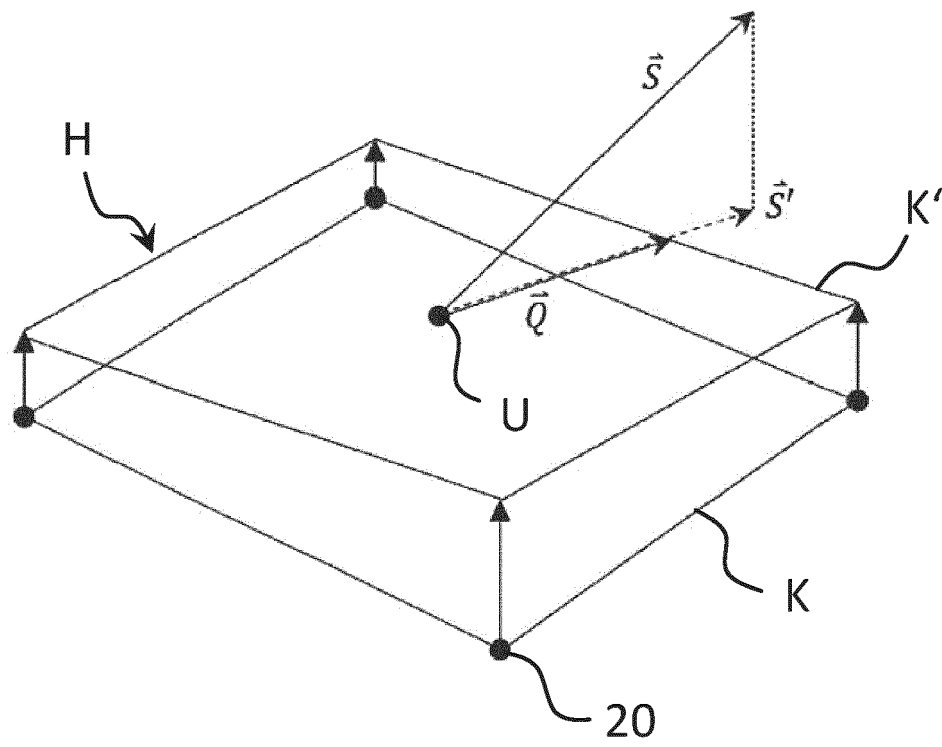


Fig. 2

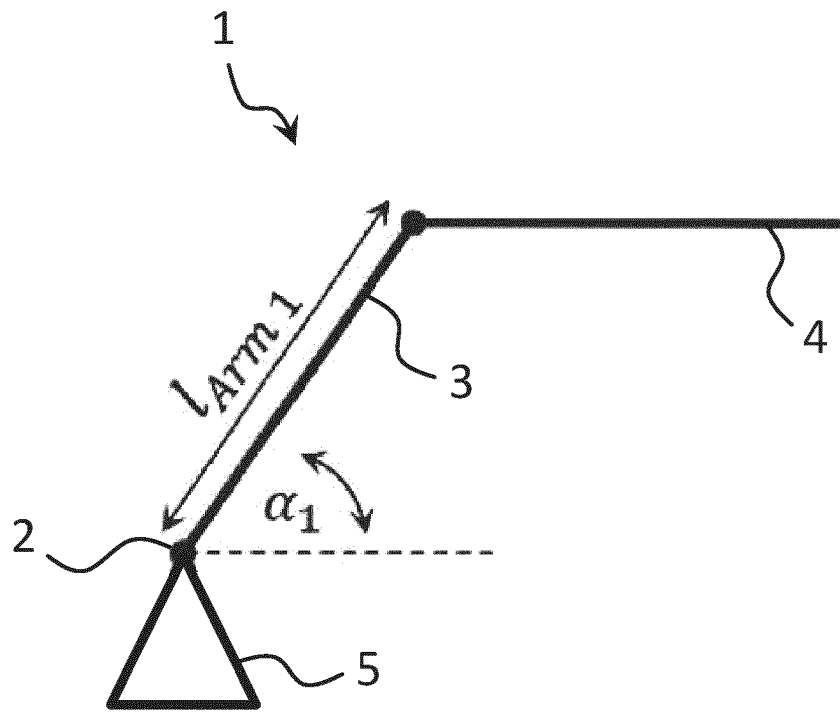


Fig. 3



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 23 16 5800

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	CN 113 608 464 A (XUZHOU XCMG CONSTRUCTION MACHINERY CO LTD BUILDING MACHINERY CO) 5. November 2021 (2021-11-05) * Ansprüche 1,7,8,9; Abbildungen 1-3 * -----	1-15	INV. E04G21/04 B66C23/78 E02F9/08 B66C23/90
A	EP 2 113 481 A1 (LIEBHERR WERK EHINGEN [DE]) 4. November 2009 (2009-11-04) * Absatz [0025] - Absatz [0026] * -----	1-15	
A	WO 2020/104282 A1 (LIEBHERR WERK BIBERACH GMBH [DE]) 28. Mai 2020 (2020-05-28) * Anspruch 1 * -----	1-15	
A	CN 113 353 823 A (ANHUI LIUGONG CRANE CO LTD) 7. September 2021 (2021-09-07) * Beschreibung der Figuren 8-10 der automatischen Übersetzung; Abbildungen 1-16 * -----	1-15	
A	WO 02/075076 A2 (PUTZMEISTER AG [DE]; PETZOLD WOLF-MICHAEL [DE] ET AL.) 26. September 2002 (2002-09-26) * Anspruch 1 * -----	1-15	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) E04G B66C E02F
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 20. November 2023	Prüfer Baumgärtel, Tim
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 23 16 5800

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

20-11-2023

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
CN 113608464 A	05-11-2021	KEINE	
EP 2113481 A1	04-11-2009	DE 102008021627 A1	12-11-2009
		EP 2113481 A1	04-11-2009
		JP 2009269759 A	19-11-2009
		US 2009276126 A1	05-11-2009
WO 2020104282 A1	28-05-2020	BR 112021009188 A2	17-08-2021
		CN 113165855 A	23-07-2021
		DE 102018129352 A1	28-05-2020
		EP 3856673 A1	04-08-2021
		ES 2937812 T3	31-03-2023
		US 2021276840 A1	09-09-2021
		WO 2020104282 A1	28-05-2020
CN 113353823 A	07-09-2021	KEINE	
WO 02075076 A2	26-09-2002	AT E338862 T1	15-09-2006
		AT E416285 T1	15-12-2008
		CN 1543527 A	03-11-2004
		DE 10110176 A1	05-09-2002
		EP 1366253 A2	03-12-2003
		EP 1659235 A1	24-05-2006
		ES 2271260 T3	16-04-2007
		ES 2317136 T3	16-04-2009
		JP 2004526082 A	26-08-2004
		KR 20030096269 A	24-12-2003
		US 2004119597 A1	24-06-2004
		WO 02075076 A2	26-09-2002

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82