



(11)

EP 2 674 384 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
27.01.2021 Patentblatt 2021/04

(51) Int Cl.:
B66C 23/90 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **13002979.6**

(22) Anmeldetag: **11.06.2013**

(54) Verfahren zur Überwachung der Kransicherheit sowie Kran

Method for monitoring crane safety and crane

Procédé de surveillance de la sécurité d'une grue et grue

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(30) Priorität: **13.06.2012 DE 102012011726**
13.06.2012 DE 102012011871

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
18.12.2013 Patentblatt 2013/51

(73) Patentinhaber: **Liebherr-Werk Ehingen GmbH**
89584 Ehingen/Donau (DE)

(72) Erfinder: **Ruoß, Oliver**
89584 Ehingen/Donau (DE)

(74) Vertreter: **Laufhütte, Dieter et al**
Lorenz Seidler Gossel
Rechtsanwälte Patentanwälte
Partnerschaft mbB
Widenmayerstraße 23
80538 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 0 675 069 CN-A- 101 348 216
DE-A1-102005 035 460 DE-A1-102005 059 768
DE-A1-102006 040 782 DE-A1-102008 021 627
DE-A1-102011 115 240 DE-U1-202006 017 730
US-A- 5 217 126 US-B1- 6 744 372

EP 2 674 384 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Überwachung der Kransicherheit eines Krans sowie einen Kran mit einer variablen Abstützbasis.

[0002] Es ist bekannt, die Kransicherheit mittels einer Kransteuerung während des Kranbetriebes zu überwachen. Die Gewährleistung der Kransicherheit basiert auf der Einhaltung diverser Sicherheitskriterien. Als mögliche Sicherheitskriterien werden beispielhaft die Bauteilfestigkeit von Auslegersystemen, Hubseilen, Lasthaken, Drehkranz, Wippzylinder, mechanischen Verbindungen etc. einerseits und die Standsicherheit des Krans andererseits genannt. Die Standsicherheit des Krans betreffende Kriterien sind beispielsweise das Kippen des Krans in Lastrichtung, Kippen des Krans in Gegenlastrichtung, Windgeschwindigkeit, der geplante Oberwagendrehwinkel etc. Zu jedem dieser Kriterien sind zulässige Grenzwerte bestimmbar, die für die Gewährleistung der Kransicherheit während des Kranbetriebs gesondert auf Einhaltung überwacht werden müssen.

[0003] Der Überwachungsprozess wird durch eine implementierte Kransteuerung, insbesondere der Lastmomentbegrenzung des Krans, automatisiert ausgeführt. Überwachungsereignisse können angezeigt und gegebenenfalls zum Eingriff in die Kranbewegung führen.

[0004] Bei der Herstellung und Prüfung des Krans werden vorab für alle genannten Kriterien sogenannte Traglasttabellen errechnet, deren Tabelleneinträge für konkrete Krankonfigurationen maximal zulässige Traglasten definieren.

[0005] In der Regel wird ein Kran abgestützt betrieben, wobei die Größe der Abstützbasis abhängig von dem Ausschiebezustand bzw. Ausklappzustand der Schiebe- bzw. Klappholme der Abstützvorrichtung ist. Falls eine symmetrische Abstützung aufstellortbedingt unmöglich ist, schlägt die EP 0 779 238 B1 vor, die gesamte Abstützbasis auf den kleinsten vorhandenen Ausschiebezustand bzw. Ausklappzustand zu reduzieren. Nachteilig geht bei dieser Vorgehensweise in weiten Teilen des Oberwagendrehwinkels tatsächlich vorhandene Traglast verloren. Zudem ist in dieser Ausführungsform die Position der Schiebe- bzw. Klappholme auf vorgegebene konkrete Stellungen begrenzt, da der Kranbetrieb nur für eine begrenzte Anzahl von Abstützstellungen zulässig ist.

[0006] Eine alternative Lösung schlägt die EP 0 779 238 B1 vor. Diese legt einzelne Drehwinkelbereiche für den Oberwagen fest und gibt für jeden Bereich eine einheitliche maximale Traglast vor. Diese bestimmte maximale Traglast entspricht jeweils der kleinsten in den einzelnen Bereichen zulässigen Traglast. Auch bei dieser Lösung geht aufgrund des Sprunges zwischen den Drehwinkelbereichen tatsächlich vorhandene Traglast verloren.

[0007] Aus der DE 20 2006 017 730 U1 ist ein alternativer Ansatz bekannt. Die vorgenannten Sicherheitskriterien werden nicht mehr ausschließlich anhand von

vorgerechneten und abgespeicherten Traglasttabellen überwacht, sondern ein Teil dieser Kriterien wird auch einzeln gegenüber der aktuell auf dem Kran vorliegenden Werte überwacht. Hierdurch wird eine gewisse Diversität in der Kranüberwachung erzielt, jedoch kann aufgrund des Rückgriffs auf einzelne Traglasttabellen die maximal mögliche Traglast nicht ausgeschöpft werden.

[0008] Die DE 10 2005 035 460 A1 schlägt vor, aus den vorhandenen Traglasttabellen für bestimmte Kranzustände einzelne Stützstellen herauszunehmen und basierend auf diesen Stützwerten mittels Interpolation die aktuell vorliegende maximale Traglast zu ermitteln. Auch hier unterliegt die bestimmte zulässige Traglast einer gewissen Ungenauigkeit, was gegebenenfalls zu einem spürbaren Verlust von maximaler Traglast führt.

[0009] Den aus dem Stand der Technik bekannten Ausführungsvarianten ist es gemein, dass stets auf vorberechnete Traglasttabellen zurückgegriffen wird. Eine variable Krankonfiguration, insbesondere eine variable Abstützbasis, führt jedoch zu einer unendlichen Anzahl von möglichen Krankonfigurationen und entsprechenden Traglasttabellen. Es ist wünschenswert, die Krankonfiguration insbesondere am Einsatzort möglichst flexibel gestalten zu können.

[0010] Bekannte Krane werden derart betrieben, dass die Parameter soweit verändert werden dürfen, bis die zulässige Traglast der tatsächlichen Traglast entspricht oder diese überschreitet. Die Kransteuerung soll das Hineinfahren des Krans in einen unzulässigen Bereich vermeiden und unterbindet weitere Kranbewegungen, die zur Grenzüberschreitung führen würden. Die zulässige Traglast wird jeweils anhand der hinterlegten Traglasttabellen bestimmt. Weicht man jedoch von der üblichen Praxis mit vorberechneten Traglasttabellen ab, fehlen diese notwendigen festen Grenzwerte und es lassen sich auch keine festen Eingriffsgrenzen und Warngrenzen definieren.

[0011] Wird diese Grenze nun doch während des Kranbetriebes überschritten, möglicherweise aufgrund umschlagender Wetterbedingungen, so befindet sich der Kran im unzulässigen Arbeitsbereich. Zur Reduzierung der davon ausgehenden Gefahren erfolgt ein Eingriff der Lastmomentbegrenzung in die Kransteuerung, der bis zur vollständigen Blockade sämtlicher Kranbewegungen führen kann.

[0012] Bisher war ein sogenannter Schlüsselschalter vorgesehen, welcher das Ausführen von Kranbewegungen ohne oder nur mit teilweise aktiver Lastmomentbegrenzung ermöglichte. Nützlich war diese Funktion zum Herstellen der Arbeitsbereitschaft des Krans oder auch zum Herausfahren aus einem nicht zulässigen Arbeitsbereich, wenn beispielsweise die Lastmomentbegrenzung eine Kranbewegung gestoppt hat.

[0013] Wird nun ein Schlüsselschalter nicht mehr eingebaut, können Kranbewegungen nur dann ausgeführt werden, wenn diese im zulässigen Traglastbereich erfolgen. Ist der Kran aber in einen nicht zulässigen Bereich gefahren worden, so unterbricht die Lastmomentbegren-

zung die aktuelle Kranbewegung und blockiert alle weiteren Kranbewegungen.

[0014] DE102005059768A1 offenbart ein Verfahren gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 zum Betreiben eines Krans mit einer Überwachungseinheit und einer Sensorik.

[0015] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein aus dem Stand der Technik bekanntes Verfahren zur Überlastsicherung an Kranen weiterzuentwickeln.

[0016] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren gemäß den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Weitere vorteilhafte Ausführungen des Verfahrens sind Gegenstand der nachfolgenden abhängigen Ansprüche.

[0017] Gemäß Anspruch 1 wird ein Verfahren zum Betreiben eines Krans mit einer Überwachungseinheit vorgeschlagen, wobei die Überwachungseinheit eine von einem oder mehreren veränderbaren Parametern abhängige zulässige Traglast während des Kranbetriebs berechnet. Das erfindungsgemäße Verfahren setzt keine oder keine vollständige Traglasttabelle voraus. Die Berechnung erfolgt während des Kranbetriebs auf dem Kran bevorzugt gemäß dem Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 12.

[0018] Der oder die aktuellen veränderbaren Parameter sind beliebig. Ein oder mehrere Parameter charakterisieren beispielsweise die aktuelle Krankonfiguration oder ausgeführte Kranbewegungen bzw. -aktivitäten. Bei dem Parameter kann es sich um einen die Position des Krans oder eines Kranbauteils betreffenden Parameter handeln.

[0019] Bei wenigstens einem Parameter kann es sich um die Auslegerlänge, den Auslegerwinkel, den Direktballastradius und bzw. oder den Drehwinkel der Drehbühne handeln. Es handelt sich, wie ausgeführt, hierbei um Beispiele, selbstverständlich sind auch andere Parameter denkbar.

[0020] Zudem ist eine Sensorik vorgesehen, die die aktuellen veränderbaren Parameter während des Kranbetriebs erfasst und der Überwachungseinheit zur Verfügung stellt. Erfindungsgemäß ist es vorgesehen, dass ein oder mehrere Sensorwerte vor der Berechnung der zulässigen Traglast modifiziert werden. Auf diese Weise ist es möglich, die zulässige Traglast für ein oder mehrere zukünftige Parameter zu bestimmen.

[0021] Das erfindungsgemäße Verfahren erlaubt folglich eine vorausschauende Berechnung der möglichen zulässigen Traglast für zukünftige Kranbewegungen. Die Überwachungseinheit des Krans berechnet also in Echtzeit auf dem Kran und zu jeder Zeit, welche zulässigen Traglasten bei Fortführung der aktuell ausgeführten Kranbewegungen in naher Zukunft auftreten werden. Weitergehend lassen sich umfangreiche Prognosen für die Entwicklung der zukünftigen zulässigen Traglast in Abhängigkeit aktueller und zukünftiger Kranaktivitäten anstellen. Diese Vorgehensweise kann insbesondere dann notwendig sein, wenn keine festen Grenzwerte, d.h. Traglasttabellen, für die Kranüberwachung existie-

ren. Vorzugsweise rechnet der Kran stets parallel zum Verfahren gemäß einem der Ansprüche 5 bis 12 eine Vorausschau, wie sich die zulässige Traglast verändert, wenn die aktuelle Ist-Bewegung bzw. aktuell mögliche Kranbewegung weiter ausgeführt wird.

[0022] Das erfindungsgemäße Verfahren erfordert keine umfassende Erweiterung eines bestehenden Krans bzw. einer Überwachungseinheit. Vielmehr sind geringfügige Modifikationen ausreichend, um bestehende Systeme für die Ausführung des Verfahrens anzupassen. Es sind lediglich Mittel zur Manipulation der erfassten Sensorwerte vorzusehen.

[0023] Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Überwachungseinheit in Abhängigkeit der berechneten zulässigen Traglast wenigstens einen Parameter während des Kranbetriebs verändert, um die zulässige Traglast zu kontrollieren. Beispielsweise lässt sich die Geschwindigkeit der Parameterveränderung kontinuierlich oder stufenweise verringern bzw. stoppen, bevor ein Parameterwert erreicht wird, bei dem die zulässige Traglast der tatsächlichen Traglast entspricht. Damit reagiert die Überwachungseinheit, sobald sich die Traglast in Richtung null verändert. Eine anhängige Kranbewegung kann rechtzeitig verlangsamt bzw. gestoppt werden, um ein Überschreiten der zulässigen Traglast zu vermeiden. Alternativ oder zusätzlich kann eine Ausgabe bzw. Anzeige einer möglichen Überschreitung bzw. einer Annäherung an eine mögliche Überschreitung an den Kranbediener erfolgen.

[0024] Je nach Ergebnis der Vorausschau wird die gewünschte Sollbewegung des Krans zugelassen, eingeschränkt oder vollständig blockiert. Ein wesentliches Merkmal hierbei ist die Steilheit der Veränderung der zulässigen Traglast. Diese Berechnung erfolgt über alle relevanten Sensoren.

[0025] Die Verringerung kann kontinuierlich erfolgen oder auch stufenweise. Die Verringerung der Geschwindigkeit kann zum Beispiel derart erfolgen, dass diese beim oder vor dem Erreichen der Übereinstimmung zwischen zulässiger und tatsächlicher Traglast von einem gegenüber der sonstigen Veränderungsgeschwindigkeit verringerten Wert gestuft auf null verringert wird oder dass der Wert null durch kontinuierliche Verringerung der Geschwindigkeit erreicht wird.

[0026] Es kann vorgesehen sein, dass die Geschwindigkeit der Parameterveränderung ab einer Differenz zwischen tatsächlicher und zulässiger Traglast, d. h. über einen bestimmten Restweg kontinuierlich oder stufenweise verringert wird.

[0027] Diese Differenz kann einen konstanten Wert annehmen oder einen Wert, der von der tatsächlichen und bzw. oder zulässigen Traglast oder deren Differenz oder dem Verhältnis dieser Differenz zu der tatsächlichen und bzw. oder zulässigen Traglast abhängt.

[0028] Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Veränderung des oder der Parameter derart vorgenommen wird, dass die tatsächliche Traglast die zulässige Traglast nicht übersteigen kann.

[0029] Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass durch gezielte Modifikation wenigstens eines Sensorwertes geprüft wird, welche Parameteränderung bzw. Parameteränderungen zu einer Abnahme der tatsächlichen Traglast und/oder zu einer Zunahme der zulässigen Traglast führen, wenn der Kran sich bereits in einem unzulässigen Betriebsbereich befindet, d. h. die aktuelle Traglast eine zulässige Traglast überschreitet bzw. dieser entspricht. Das Verfahren zeigt bevorzugte Kranbewegungen auf, die ein besonders schnelles und sicheres Herausfahren aus dem nicht zulässigen Bereich ermöglichen.

[0030] Erfindungsgemäß wird jegliche Kranbewegung gestoppt bzw. begrenzt, sobald die aktuelle Traglast die zulässige Traglast übersteigt bzw. dieser entspricht. Nachfolgend werden dem Kranbediener ein oder mehrere mögliche Parameteränderungen, d. h. Kranbewegungen zur Auswahl gestellt, um den Kran sicher und zuverlässig aus dem nicht zulässigen Bereich herausfahren zu können.

[0031] Es kann ausreichend sein, dem Kranbediener eine mögliche Parameteränderung anzuzeigen. Besser ist es jedoch, dem Bediener eine Auswahl an möglichen Parameteränderungen zur Verfügung zu stellen.

[0032] Zudem ist es zweckmäßig, nur die Parameteränderungen durch die Kransteuerung freizugeben, die ein möglichst sicheres und schnelles Herausfahren aus dem nicht zulässigen Betriebsbereich ermöglichen. Übrige Kranbewegungen bzw. Parameteränderungen werden begrenzt oder vollständig blockiert.

[0033] Bevorzugt umfasst der Kran eine variable Abstützbasis. Die Abstützbasis bestimmt sich aus dem Ausfahr- bzw. Ausklappzustand der Abstützvorrichtung. Die Überwachungseinheit überwacht mehrere Sicherheitskriterien während des Kranbetriebs zur Gewährleistung der Kransicherheit.

[0034] Die einzelnen Sicherheitskriterien können beispielsweise die Bauteilfestigkeit, Bauteilbelastung sowie die Standsicherheit des Krans betreffen. Insbesondere fallen hierunter das Kippen des Krans in Lastrichtung, Kippen des Krans in Gegenlastrichtung, Reißen des Hubseils, Bauteilfestigkeit des Auslegersystems, Windgeschwindigkeit, Lastgrenzen des Unterwagens, Festigkeit des Lasthakens, Drehkranzbelastung, Wippzylinderfestigkeit, Festigkeit der mechanischen Verbindungen sowie der beabsichtigte zu verwendende Drehwinkel des Oberwagens mit Ausleger während des Kraneinsatzes.

[0035] Konkretisierte Berechnungsbeispiele für die Überwachung einzelne Kriterien sind beispielsweise die kleine Prüflast, die große Prüflast, Lastabriss, Kippwinkel, Kippen nach hinten ohne Last sowie insgesamt weit mehr als 30 Kriterien. Einzelne Kriterien können beispielsweise in entsprechender DIN-Norm spezifiziert sein.

[0036] Bevorzugt ist nun vorgesehen, dass die Überwachungseinheit für jedes Kriterium, das von wenigstens einem die Krankonfiguration und/oder Kranbewegung während des Kranbetriebs betreffenden Parameter ab-

hängig ist, ein zulässiger spezifischer Grenzwert während des Kranbetriebs berechnet wird. Es wird demnach vollständig auf die Berücksichtigung einer Traglasttabelle für entsprechende Kriterien verzichtet.

[0037] Ein Kriterium ist von wenigstens einem die Krankonfiguration und/oder Kranbewegung während des Kranbetriebs betreffenden Parameter abhängig, sobald die tatsächliche Krankonfiguration am Einsatzort bzw. während des Kranbetriebs Einfluss auf die Einhaltung des Kriteriums hat. Hierunter fällt neben der Rüstkonfiguration auch jede Kranbewegung, die Einfluss auf ein entsprechendes Kriterium hat. Beispielsweise die aktuelle Auslegerstellungen, die Abstützbasis, der Oberwagendrehwinkel etc..

[0038] Wenigstens ein spezifischer Grenzwert stellt die zulässige spezifische Traglast dar, bis zu der ein entsprechendes Kriterium eingehalten und die Kransicherheit nicht gefährdet wird.

[0039] Die einzelnen spezifischen Grenzwerte bzw. zulässigen spezifischen Traglasten können getrennt während des Kranbetriebs überwacht werden und mit den tatsächlich vorliegenden Kranzustandswerten verglichen werden. Alternativ oder zusätzlich kann es vorteilhaft sein, aus den einzelnen zulässigen spezifischen Grenzwerten bzw. Traglasten eine gemeinsame zulässige Traglast zu ermitteln. In diesem Fall wird für jeden Kranzustand bzw. Krankonfiguration eine gemeinsame maximal zulässige Traglast bestimmt.

[0040] Durch das Rechnen der Kriterien auf dem Kran ergibt sich in jeder Situation die maximal mögliche Traglast, die sich aus den Kriterien für die aktuelle Situation ergeben. Dies ist der herausragende Vorteil gegenüber vorgerechneten Tabellen, die immer ein Minimum über bestimmte Dimensionen darstellen und die mögliche Traglast des Krans niemals vollständig ausschöpfen können. Die nicht mehr vorgerechneten Kriterien werden erfindungsgemäß zur Laufzeit, also während des Kranbetriebes, auf dem Kran gerechnet. Die erfindungsgemäße Ausführung des Verfahrens führt nunmehr zu einem Verfahren bzw. einer Überwachungseinrichtung, die eine beliebige Abstützbasis, d. h. eine beliebige Stellung der Abstützholme zulässt und gleichzeitig überwacht. Bisher war zwar eine beliebige Stellung mechanisch möglich, jedoch wurde diese nicht für jeden Fall von der Überwachungseinrichtung abgesichert.

[0041] Es kann zweckmäßig sein, dass für die Berechnung der gemeinsamen zulässigen Traglast die einzelnen Kriterien in wenigstens zwei unterschiedliche Kriterienarten aufgeteilt werden. Beispielsweise werden die einzelnen Kriterien in linear abhängige sowie linear unabhängige Kriterienarten aufgeteilt. Linear abhängig bedeutet vorzugsweise, dass ein derartiges Kriterium von wenigstens einem weiteren Kriterium abhängt. Insbesondere kann wenigstens ein linear abhängiges Kriterium von wenigstens einem berechneten spezifischen Grenzwert/Traglast wenigstens eines weiteren linear abhängigen und/oder linear unabhängigen Kriteriums abhängig sein.

[0042] Eine besonders vorteilhafte Ausführungsform des Verfahrens ergibt sich dadurch, dass in einem ersten Schritt für jedes linear unabhängige Kriterium die zulässige spezifische Traglast berechnet wird. Aus der Menge der spezifischen Traglasten für die linear unabhängigen Kriterien wird im Anschluss das Minimum dieser Traglasten bestimmt. Die zulässige Traglast der linear abhängigen Kriterien wird mittels Iteration ermittelt. Denkbar ist es, dass die Iteration mit dem Minimum der zulässigen Traglasten der linear unabhängigen Kriterien beginnt und ein Minimum der Traglasten der linear abhängigen Kriterien ermittelt, was zugleich der gemeinsamen zulässigen Traglast für den Kran entspricht.

[0043] Zur Beschleunigung des Verfahrens für die Ermittlung der zulässigen Traglast kann beispielsweise auf die Sektion, insbesondere fortgesetzte Bisektion, gesetzt werden. Hierdurch lässt sich die Berechnungszeit für die Ermittlung der zulässigen Traglast verringern.

[0044] Es besteht die Möglichkeit, zusätzlich zum erfindungsgemäßen Verfahren ein oder mehrere Traglasttabellen in einer Speichereinheit des Krans zu hinterlegen und für die Überwachung des Krans zu berücksichtigen. Bei den gespeicherten Traglasttabellen handelt es sich jedoch ausschließlich um solche, die nicht von einem die Krankonfiguration und/oder Kranbewegung während des Kranbetriebes betreffenden Parameter abhängig sind. Bei der Erstellung der Traglasttabellen werden alle Kriterien, die von wenigstens einem die Krankonfiguration während des Kranbetriebs betreffenden Parameter abhängig sind, ausgeschlossen. Folglich werden hauptsächlich festigkeitsrelevante Traglastbeschränkungen auf dem Kran als vorgerechnete Traglasttabellen hinterlegt. Diese beinhalten Grenzwerte, deren Einhaltung eine nachhaltige Schädigung des Krans durch mechanisches Überlasten, beispielsweise durch Lastaufnahme, vermeidet.

[0045] Zusätzlich kann vorgesehen sein, dass ein integrierter Kraneinsatzplaner für die diversitäre Kranüberwachung während des Kranbetriebes genutzt wird. Der Kranplaner verwendet vorzugsweise hinterlegte Grenzkurven bzw. Hüllkurven für zumindest einen Teil der Kranparameter. Es existieren demnach zwei unabhängige Kranüberwachungsverfahren, um einerseits die Redundanz der Überwachung zu gewährleisten und zum anderen jeweils die Funktionsfähigkeit des Gesamtsystems zu überprüfen, indem die beiden unabhängig voneinander vorgesehenen Überwachungsverfahren die Funktionsfähigkeit des anderen Überwachungsverfahrens überprüfen. In diesem Zusammenhang wird vollumfänglich auf die DE 10 2008 021 627 genommen.

[0046] Die Erfindung betrifft des Weiteren einen Kran mit einer Überwachungseinheit und einer Sensorik. Erfindungsgemäß führt der Kran voranstehend beschriebene erfindungsgemäße Verfahren bzw. eine vorteilhafte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens aus. Die Vorteile und Eigenschaften des Krans entsprechen offensichtlich denen des erfindungsgemäßen Verfahrens, weshalb an dieser Stelle auf eine erneute Be-

schreibung verzichtet werden soll.

[0047] Weiterhin betrifft die Erfindung eine Kranüberwachungseinheit, insbesondere eine Lastmomentbegrenzung, für den vorstehend genannten Kran zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens bzw. einer vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens.

[0048] Ein weiterer Aspekt der Erfindung betrifft einen Datenträger mit einer gespeicherten Software zur Ausführung auf der vorgenannten Kranüberwachungseinheit, umfassend Befehle, die bewirken, dass der vorgenannte Kran die erfindungsgemäßen Verfahrensschritte ausführt. Die Vorteile und Eigenschaften der Kranüberwachungseinheit bzw. des Datenträgers entsprechen offensichtlich denen der erfindungsgemäßen Verfahren, weshalb auch hier auf eine wiederholende Beschreibung verzichtet wird.

[0049] Weitere Vorteile und Eigenschaften der Erfindung werden anhand von Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Figuren 1 bis 4: eine graphische Darstellung der Traglastverteilung in Abhängigkeit des Oberwagendrehwinkels bzw. der maximalen Ausladung, berechnet nach einem Verfahren gemäß Stand der Technik,

Figuren 5 bis 8: eine graphische Darstellung der Traglastverteilung in Abhängigkeit des Oberwagendrehwinkels sowie der maximalen Ausladung, berechnet nach dem erfindungsgemäßen Verfahren,

Figur 9: eine schematische Darstellung der erfindungsgemäßen Überwachungseinheit und

Figur 10: ein Flussdiagramm des erfindungsgemäßen Verfahrensablaufs.

[0050] Die Figuren 1 bis 8 zeigen die Verteilung der zulässigen Traglast eines Krans in Abhängigkeit seiner Ausladung bzw. des Oberwagendrehwinkels. Der zentral skizzierte Kran umfasst einen Unterwagen, einen auf den Unterwagen drehbar aufgesetzten Oberwagen und eine variable Abstützung. Die variable Abstützung umfasst insgesamt vier Schiebehölme, die in unterschiedliche Stützstellungen ausfahrbar sind. Zudem ist am Oberwagen ein wippbarer Kranausleger angeordnet, der teleskopierbar ausgestaltet sein kann. Während des Kranbetriebs hängt die aktuelle Traglast vom Drehwinkel des Oberwagens sowie der Lastausladung, d. h. dem Wippwinkel des Auslegers, ab.

[0051] Eine Überwachungseinrichtung des Krans überwacht die Einhaltung der zulässigen Traglast während des Kranbetriebs. Insbesondere wird durch das erfindungsgemäße Verfahren eine beliebige Stellung der Abstützhölme nicht nur zugelassen sondern gleichzeitig durch die Überwachungseinrichtung überwacht.

[0052] Der Kran bzw. die Überwachungseinrichtung

greift auf wenige Traglasttabellen zurück, die festigkeitsrelevante Traglastbeschränkungen des Krans beinhalten. Diese sollen beispielsweise eine nachhaltige Schädigung des Krans durch mechanisches Überlasten verhindern. Für Sicherheitskriterien, die von ein oder mehreren Betriebsparametern des Krans abhängen, erfolgt die Berechnung der zulässigen Traglast zur Laufzeit auf dem Kran durch die Überwachungseinrichtung, d. h. also während des Kranbetriebes. Unter anderem werden folgende Kriterien gerechnet:

- Kleine Prüflast gemäß DIN 15019 Teil 2
- Große Prüflast gemäß DIN 15019 Teil 2
- Lastabriss gemäß DIN 15019 Teil 2
- Kippwinkel gemäß DE 13000 Anhang F
- Kippen nach hinten ohne Last gemäß BS 1757 und ISO 43053.3.2

[0053] Zusätzlich können insgesamt mehr als 30 Kriterien gerechnet werden. Das Rechnen der Kriterien auf dem Kran erlaubt es, in jeder Situation die maximal mögliche Traglast auszuschöpfen und nicht auf interpolations bzw. schätzungsbedingte Ungenauigkeiten Rücksicht nehmen zu müssen, die aus Sicherheitsgründen stets eine konservativ bestimmte zulässige Traglast erfordern.

[0054] Zur Berechnung der zulässigen Traglast werden die Kriterien in verschiedene, d. h. in mindestens zwei unterschiedliche Berechnungsarten aufgeteilt. Beispielsweise gilt für die Berechnung der großen Prüflast eine linear unabhängige Berechnungsart. Die große Prüflast berechnet sich mittels der folgenden Formel

$$TL = \frac{Kipplast - 0,1 * Auslegerkopfgewicht}{1,25},$$

wobei die Kipplast die Last bei der der Kran kippt darstellt und das Auslegerkopfgewicht durch einen definierten Gewichtsanteil am Ausleger definiert ist. Für die linear abhängige Berechnungsart kann beispielsweise das Kriterium der kleinen Prüflast herangezogen werden, die sich nach der Formel:

$$TL = \frac{Kipplast - H_{dyn} - W(TL)}{1,1}$$

berechnet. Auch hier stellt die Kipplast die Last bei der der Kran kippt dar. H_{dyn} charakterisiert den dynamischen Hublastbeiwert. W führt den Windeinfluss in die Berechnung ein, der unter Berücksichtigung der Traglast berechnet wird. Die kleine Prüflast ist demnach von der berechneten Traglast wenigstens eines Kriteriums abhängig, was als linear abhängig bezeichnet wird. Denkbar ist es ebenfalls, dass die Berechnung rekursiv ist. Für die Berechnung des Windeinflusses werden beispielsweise 1,2 m² Windangriffsfläche pro 1 t Traglast angenommen.

[0055] Der Algorithmus zur Berechnung teilt die Kriterien in linear abhängige und linear unabhängige Kriterien ein. Im ersten Schritt wird für jedes linear unabhängige Kriterium die zulässige Traglast ermittelt. Anschließend wird das Minimum dieser $TL_{KriterienA}$ dieser Traglasten bestimmt und festgehalten.

[0056] In einem zweiten Verfahrensschritt wird eine Iteration der zulässigen Traglast mit dem zuvor bestimmten Minimum $TL_{KriterienA}$ als Startwert durchgeführt. In der Iteration wird in jedem Schritt das linear abhängige Kriterium auf dessen Zulässigkeit geprüft. Ist das Kriterium zulässig, so wird zum nächsten Kriterium übergegangen. Sobald ein Kriterium nicht mehr zulässig ist, wird zum nächsten Iterationsschritt in dem betreffenden Kriterium gesprungen ohne dabei eine weitere Prüfung der übrigen Kriterien auszuführen.

[0057] Mit dieser neuen Traglast TL wird der zweite Schritt erneut gestartet. Dies erfolgt solange, bis der zweite Schritt für alle Kriterien eine zulässige Traglast $TL_{KriterienB}$ liefert. Diese wird zur zulässigen maximalen Traglast TL . Nach Ausführung der n -Iterationsschritte soll das erfindungsgemäße Verfahren einen möglichst großen Wert für die zulässige Traglast TL liefern. Die Ermittlung der Traglast TL kann auch mit Hilfe der fortgesetzten Bisektion ausgeführt werden.

[0058] Die Vorteile der Erfindung sollen anhand der Darstellungen der Figuren 5 bis 8 sowie der Traglastdarstellungen gemäß dem Stand der Technik (Figuren 1 bis 4) erläutert werden.

[0059] Die Skala am rechten Bildrand ordnet den Grauwerten entsprechende Traglastwerte zu. Die Krankonfigurationen der Figuren 1 und 5, 2 und 6, 3 und 7 sowie 4 und 8 sind jeweils identisch und werden für den Vergleich herangezogen.

[0060] In allen Figuren sind drei Teleskopschüsse des Auslegersystems zu 46% ausgefahren. Die Schiebeholme der Abstützung sind in der Krankonfiguration gemäß den Figuren 1 und 5 vollständig ausgefahren und ermöglichen eine maximale Abstützbasis. Die Konfiguration der Figuren 2 und 6 sieht demgegenüber vor, den Kran ohne Abstützung zu betreiben und die Schiebeholme vollständig eingefahren zu belassen. Der Kran gemäß den Figuren 3 und 7 arbeitet mit einer eingeschränkten Abstützung, wobei zwei auf einer Kranseite liegende Schiebeholme vollständig ausgefahren und die gegenüberliegenden Holme vollständig eingefahren sind. Die Krankonfiguration der Figuren 4 und 8 sieht einen Kranbetrieb mit drei vollständig ausgefahren und einem eingefahrenem Schiebeholm vor.

[0061] Die Darstellung der zulässigen Traglast in den Figuren 5 bis 8 basiert auf einer Berechnung während des Kranbetriebes auf Basis des erfindungsgemäßen Verfahrens, wohingegen die Darstellung der Figuren 1 bis 4 auf den Einsatz von Traglasttabellen setzt, die vor dem Kranbetrieb mit Hilfe eines Einsatzplaners erstellt wurden.

[0062] Besonders der Vergleich der Figuren 2 und 6 zeigt den wesentlichen Gewinn an Traglast, der mit Hilfe

des erfindungsgemäßen Verfahrens erreichbar ist. Das Verfahren aus dem Stand der Technik nimmt eine minimale Abstützbasis für den Gesamtumfang des Drehwinkels an, wohingegen das erfindungsgemäße Verfahren diese exakt während des Kranbetriebs berechnet und damit zu unterschiedlichen zulässigen Traglasten über den Drehwinkelbereich gelangt. Insbesondere wird an der Vorder- und Rückseite des Krans keine zulässige Traglast verschenkt, da in diesem Drehwinkelbereich die fehlende Abstützvorrichtung durch die Kranlängsabmessung kompensiert wird und damit höher als im Seitenbereich des Krans ist.

[0063] Interessant ist nicht nur die Außenkontur des Traglastverlaufs, sondern auch die Innenkontur, d. h. das weiße Feld um die Drehachse des Oberwagens. Dieser Bereich zeigt den nicht zulässigen Bereich, da hier ein Kippen nach hinten aufgrund des Kranballastes erfolgen kann. Auch in diesem Fall kann gemäß Figur 6 dieser unzulässige Bereich deutlich gegenüber dem Bereich aus Figur 2 reduziert werden.

[0064] Der Gewinn an zulässiger Traglast aufgrund der optimierten Berechnung wird auch in den übrigen Figuren 5, 7 und 8 deutlich. Die Außenkontur zeigt auch hier ganz klar den Gewinn an Traglast. Im Bereich in dem sich der Ausleger über einem der Schiebehölme, d. h. auf der Krandiagonale befindet, kann auch ein wesentlicher Traglastzuwachs verzeichnet werden.

[0065] In Figur 5 formt der dunklere Bereich mit größerer Traglast beinahe ein Quadrat mit konkaven Seiten. Die zulässige Traglast wird insbesondere entlang der Diagonalen gegenüber der Variante aus Figur 1 erhöht.

[0066] Auch sehr starke Verbesserungen zeigen die Vergleiche der Figuren 3 und 7 sowie 4 und 8. Hier kann die Veränderung dadurch erklärt werden, dass bei einer Rechnung gemäß des Standes der Technik, das Minimum im Bereich um 360°-Drehbereich des Oberwagens für den gesamten Drehbereich des Oberwagens als maximale Traglast angenommen wird. Von dieser Denkweise löst sich die Erfindung und kann für jede Drehwinkelstellung des Oberwagens die Traglast individuell ermitteln.

[0067] Das dargestellte System der Figur 9 zeigt eine Lastmomentbegrenzung 20, die während des Kranbetriebs sämtliche Kranbewegungen hinsichtlich ihrer Sicherheit überwacht und gegebenenfalls eine Sicherheitsabschaltung bzw. Beschränkung der zulässigen Kranbewegung auslöst. Dieses System kann gemäß der voranstehend beschriebenen Ausgestaltung der Figuren 5 bis 8 ausgeführt sein und das vorgestellte erfindungsgemäße Verfahren ausführen. Das nachfolgende Verfahren stellt eine Erweiterung dieses Verfahrens dar. Dies ist jedoch keine zwingende Voraussetzung für die Ausführung der folgenden Verfahrensschritte, die unabhängig von dem Verfahren gemäß den Figuren 5 bis 8 ausführbar sind.

[0068] Die Lastmomentbegrenzung 20 erhält während des Kranbetriebs von einer Vielzahl an Sensoren 10 Messwerte, die einzelne Parameter während des Kran-

betriebs charakterisieren. Es sei darauf hingewiesen, dass Figur 9 lediglich beispielhaft eine Anzahl von drei Sensoren zeigt. In einer realistischen Umgebung basiert das System jedoch auf einer Vielzahl von Sensoren, wobei deren Anzahl nicht beschränkt ist.

[0069] Die einzelnen Messwerte der Sensoren 10 kennzeichnen zum Beispiel den Drehwinkel, Wippwinkel oder auch Zylinderdruck des Wippzylinders des Krans; Auf Grundlage der bereitgestellten Sensordaten berechnet die Lastmomentbegrenzung die zulässige Traglast für den aktuellen Kranzustand.

[0070] Um die Sicherheit während des Kranbetriebs gewährleisten zu können, soll dieser ausschließlich im zulässigen Arbeitsbereich betrieben werden. Der zulässige Bereich kennzeichnet sich dadurch, dass die aktuelle Traglast des Krans geringer als die zulässige Traglast im aktuellen Betriebszustand ist. Übersteigt die aktuelle Traglast den zulässigen Wert, so arbeitet der Kran im nicht zulässigen Bereich.

[0071] Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren soll erreicht werden, dass die Lastmomentbegrenzung ein frühzeitiges Abbremsen der Kranbewegung vor dem Eintreten in einen nicht zulässigen Arbeitsbereich auslöst. Darüber hinaus soll auch eine eingeschränkte Kranbewegung im nicht zulässigen Bereich unter bestimmten Umständen ermöglicht werden und dennoch eine Überwachung der Sicherheit des Krans durch die Lastmomentbegrenzung erfolgen.

[0072] Hierzu werden die Sensorwerte 11, 12, 13 für die Berechnung der Vorausschau der zulässigen Traglast gezielt in geeignet gewählten Schritten verändert. Im dargestellten Ausführungsbeispiel der Figur 9 wird der Sensorwert 11 des Sensors 1 manipuliert, um die zulässige Traglast für diesen zukünftigen Parameter, d. h. zukünftigen IST-Wert des Sensors 1, berechnen zu können. Die Lastmomentbegrenzung 20 berechnet für die veränderten Sensorwerte die Zulässigkeit der Kranbewegung und kann daher abschätzen, wann der Kran unter Beibehaltung der aktuellen Kranbewegung in einen nicht zulässigen Bereich gesteuert wird.

[0073] Jedes bestehende System aus Sensoren 10 und Lastmomentbegrenzung 20 kann durch Integration der Mittel 50 erweitert werden, um eine gezielte Manipulation wenigstens eines Sensorwertes 11 ausführen zu können.

[0074] Die Lastmomentbegrenzung 20 berechnet also in Realzeit auf dem Kran und zu jeder Zeit, welche zulässigen Traglasten bei Fortführung der aktuell ausgeführten Kranbewegung in naher Zukunft auftreten werden. Mit Hilfe der prognostizierten Entwicklung der Traglast kann die Lastmomentbegrenzung frühzeitig erkennen, ob die zulässige Traglast gegen den Wert null konvergiert. In diesem Fall kann die Kranbewegung rechtzeitig abgebremst bzw. vollständig angehalten werden. Ebenso ist eine Ausgabe eines entsprechenden Warnhinweises an den Kranbediener möglich.

[0075] Zusätzlich kann durch das erfindungsgemäße Verfahren eine eingeschränkte Kranbewegung im nicht

zulässigen Bereich ermöglicht werden, welche gleichzeitig von der Lastmomentbegrenzung 20 überwacht wird. Hierbei ist zu beachten, dass die Lastmomentbegrenzung 20 die Aufgabe hat, eine Kranbewegung wesentlich bevor dem Auftreten tatsächlicher Störungen bzw. eines Unfalls zu stoppen. Der Betrieb im nicht zulässigen Bereich bedeutet also keine akute Gefahrensituation, sondern lediglich das Überschreiten eines speziell definierten Grenzwertes.

[0076] Das Ablaufdiagramm der Figur 10 zeigt das erfindungsgemäße Verfahren zum Überprüfen zulässiger Kranbewegungen im nicht zulässigen Bereich. Der Zustand 200 kennzeichnet den regulären Kranbetrieb, die Kranbewegung wird im Verfahrensschritt 110 ungehindert ausgeführt und kontinuierlich durch die Lastmomentbegrenzung 20 im Block 120 auf Einhaltung der zulässigen Traglast überwacht.

[0077] Durch die erfindungsgemäße vorausschauende Berechnung der zulässigen Traglast kann die Kranbewegung rechtzeitig verlangsamt bzw. vollständig gestoppt werden. Ist ein derartiger Notstopp erfolgt, geht die Lastmomentbegrenzung 20 zum Verfahrensschritt 200 über. Hier wird aus der berechneten Vorausschau ermittelt, mit welcher oder welchen Kranbewegungen der Kran auf sichere Art und Weise wieder aus dem nicht zulässigen Bereich gefahren werden kann. Dem Bediener wird zudem eine mögliche Auswahl angezeigt. Der Kranbediener kann folglich die situationsabhängig günstigste Variante wählen. Im Schritt 300 wird die Freigabe der ausgewählten Kranbewegung geprüft. Hierdurch wird sichergestellt, dass nur die von der Lastmomentbegrenzung freigegebenen und im Schritt 200 angezeigten Kranbewegungen ausgeführt und übrige Kranbewegungen blockiert werden.

[0078] Wählt der Bediener eine freigegebene Bewegung aus, so wird diese ausgeführt 400 und kontinuierlich durch die Lastmomentbegrenzung überwacht 500. Führt die Kranbewegung nicht zum erwünschten Ergebnis, d.h. zum Verlassen des nicht zulässigen Bereichs, so wird erneut ein Sicherheitsstopp durch die Lastmomentbegrenzung ausgelöst. Erst nach Verlassen des unzulässigen Arbeitsbereichs tritt die Lastmomentbegrenzung in den regulären Zustand 100 und schaltet sämtliche Kranbewegungen frei.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines Krans mit einer Überwachungseinheit, die eine von einem oder mehreren veränderbaren Parametern abhängende zulässige Traglast während des Kranbetriebs berechnet, und einer Sensorik, die die aktuellen veränderbaren Parameter während des Kranbetriebs erfasst und der Überwachungseinheit zur Verfügung stellt, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein oder mehrere Sensorwerte (11, 12, 13) vor der Berechnung der zulässigen Traglast modifiziert werden, um

die zulässige Traglast für ein oder mehrere zukünftige Parameter zu bestimmen, und eine Überprüfung erfolgt, sobald die tatsächliche Traglast der zulässigen Traglast entspricht oder diese übersteigt und die Überwachungseinheit die Kranbewegung gestoppt bzw. begrenzt hat, wobei bei der Überprüfung durch gezielte Modifikation des wenigstens einen Sensorwertes geprüft wird, welche Parameteränderung oder Parameteränderungen zu einer Abnahme der tatsächlichen Traglast und/oder zu einer Zunahme der zulässigen Traglast führen und wenigstens ein oder mehrere mögliche Parameteränderungen bzw. Kranbewegungen angezeigt und/oder freigegeben werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Überwachungseinheit den oder die Parameter verändert, so dass die tatsächliche Traglast die berechnete zulässige Traglast nicht übersteigen kann, wobei die Veränderung wenigstens eines der Parameter vorzugsweise derart vorgenommen wird, so dass die Geschwindigkeit der Parameterveränderung kontinuierlich oder stufenweise verringert oder gestoppt wird, bevor ein Parameterwert erreicht wird, bei dem die zulässige Traglast der tatsächlichen Traglast entspricht.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** es sich bei wenigstens einem Parameter um ein die Position des Krans oder eines Kranbauteils betreffenden Parameter handelt und/oder bei wenigstens einem weiteren Parameter um einen die Auslegerlänge, den Auslegerwinkel, den Derrickballastradius und/oder den Drehwinkel der Drehbühne betreffenden Parameter handelt.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Geschwindigkeit der Parameterveränderung ab Unterschreiten einer Differenz zwischen tatsächlicher und zulässiger Traglast kontinuierlich oder stufenweise verringert wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kran eine variable Abstützbasis umfasst und die Überwachungseinheit zur Überwachung der Kransicherheit mehrere Sicherheitskriterien während des Kranbetriebes überwacht, indem für jedes Kriterium, das von wenigstens einem die Krankonfiguration und/oder Kranbewegung während des Kranbetriebs betreffenden Parameter abhängig ist, ein zulässiger spezifischer Grenzwert während des Kranbetriebs berechnet und auf Einhaltung überwacht wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der wenigstens eine die Krankonfi-

guration und/oder Kranbewegung während des Kranbetriebs betreffende Parameter die variable Abstützbasis und/oder den Oberwagendrehwinkel betrifft.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein spezifischer Grenzwert die zulässige spezifische Traglast ist.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 5 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zulässige Gesamttraglast aus den einzelnen spezifischen Grenzwerten bzw. zulässigen spezifischen Traglasten der einzelnen Kriterien berechnet wird.
9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** für die Berechnung der zulässigen Gesamttraglast die Kriterien in wenigstens zwei unterschiedliche Berechnungsarten aufgeteilt werden, insbesondere in linear abhängige und linear unabhängige Berechnungsarten.
10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** in einem ersten Schritt für jedes linear unabhängige Kriterium die zulässige Traglast berechnet und im Anschluss das Minimum dieser Traglasten bestimmt wird und in einem zweiten Schritt mittels Iteration eine zulässige Traglast für die linear abhängigen Kriterien ermittelt, wobei die Iteration vorzugsweise mit dem Minimum der Traglast der linear unabhängigen Kriterien beginnt.
11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ermittlung der Traglast mittels fortgesetzter Bisektion erfolgt.
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 8 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein oder mehrere vorgerechnete Traglasttabellen abrufbar auf dem Kran gespeichert sind, wobei die Tabellen festigkeitsrelevante Grenzwerte beinhalten.
13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein integrierter Kraneinsatzplaner für eine diversitäre Kranüberwachung verwendet wird.
14. Kran mit einer Überwachungseinheit, einer Sensorik und vorzugsweise einer variablen Abstützbasis zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 13.
15. Kranüberwachungseinheit, insbesondere Lastmomentbegrenzung (20), für einen Kran gemäß Anspruch 14 zur Durchführung des Verfahrens gemäß einem der Ansprüche 1 bis 13.

16. Datenträger mit einer gespeicherten Software zur Ausführung auf einer Kranüberwachungseinheit gemäß Anspruch 15, umfassend Befehle, die bewirken, dass der Kran gemäß Anspruch 14 die Verfahrensschritte gemäß einem der Ansprüche 1 bis 13 ausführt.

Claims

1. A method of operating a crane having a monitoring unit that calculates an admissible bearing load dependent on one or more modifiable parameters during crane operation and having a sensor system which detects the current modifiable parameters during crane operation and makes them available to the monitoring unit, **characterized in that** one or more sensor values (11, 12, 13) are modified before the calculation of the admissible bearing load to determine the admissible bearing load for one or more future parameters; and **in that** verification is carried out as soon as the bearing load corresponds to the admissible bearing load or exceeds it and the monitoring unit has stopped or limited the crane movement, with a check being made in the verification by a targeted modification of the at least one sensor value as to which parameter modification or parameter modifications leads/lead to a decrease of the actual bearing load and/or an increase of the admissible bearing load and at least one or more parameter modifications or crane movements are displayed and/or released.
2. A method in accordance with claim 1, **characterized in that** the monitoring unit modifies the parameter or parameters so that the actual bearing load cannot exceed the calculated admissible bearing load, with the modification of at least one of the parameters preferably being carried out in a manner such that the rate of the parameter modification is decreased continuously or stepwise or stopped before a parameter value at which the admissible bearing load corresponds to the actual bearing load is reached.
3. A method in accordance with one of the preceding claims, **characterized in that** the at least one parameter is a parameter relating to the position of the crane or of a crane component and/or at least one further parameter is a parameter relating to the jib length, the jib angle, the derrick ballast radius, and/or the rotation angle of the slewing ring.
4. A method in accordance with one of the preceding claims, **characterized in that** the rate of the parameter modification is decreased continuously or stepwise from the falling below of a difference between the actual bearing load and the admissible bearing load.

5. A method in accordance with one of the preceding claims, **characterized in that** the crane comprises a modifiable support base and the monitoring unit monitors a plurality of safety criteria during crane operation to monitor the crane safety **in that** an admissible specific limit value is calculated during crane operation for each criterion which is dependent on at least one parameter relating to the crane configuration and/or the crane movement and is monitored for compliance. 5
6. A method in accordance with claim 5, **characterized in that** the at least one parameter relating to the crane configuration and/or crane movement during crane operation relates to the modifiable support base and/or the upper carriage rotation angle. 10
7. A method in accordance with one of the preceding claims 5 or 6, **characterized in that** at least one specific limit value is the admissible specific bearing load. 20
8. A method in accordance with one of the preceding claims 5 to 7, **characterized in that** the admissible total bearing load is calculated from the individual specific limit values or admissible specific bearing loads of the individual criteria. 25
9. A method in accordance with claim 8, **characterized in that** the criteria are subdivided into at least two different calculation types, in particular into linearly dependent and linearly independent calculation types, for the calculation of the admissible total bearing load. 30
10. A method in accordance with claim 9, **characterized in that** in a first step the admissible bearing load is calculated for every linearly independent criterion and subsequently the minimum of these bearing loads is determined and in a second step an admissible bearing load for the linearly dependent criteria is determined by means of iteration, with the iteration preferably starting with the minimum of the bearing load of the linearly independent criteria. 35
11. A method in accordance with claim 10, **characterized in that** the determination of the bearing load occurs by means of continued bisection. 40
12. A method in accordance with one of the preceding claims 8 to 11, **characterized in that** one or more previously calculated bearing load charts are stored on the crane in a retrievable manner, with the charts containing strength-relevant limit values. 45
13. A method in accordance with one of the preceding claims, **characterized in that** an integrated crane deployment sensor is used for a diverse crane mon-

itoring.

14. A crane having a monitoring unit, a sensor system, and preferably a modifiable support base for the carrying out of the method in accordance with one of the claims 1 to 13. 5
15. A crane monitoring unit, in particular a load torque limitation for a crane in accordance with claim 14, for carrying out the method in accordance with one of the claims 1 to 13. 10
16. A data carrier having stored software for execution on a crane monitoring unit in accordance with claim 15 comprising commands that have the effect that the crane in accordance with claim 14 carries out the method steps in accordance with one of the claims 1 to 13. 15

Revendications

1. Procédé de fonctionnement d'une grue avec une unité de surveillance, qui calcule, pendant le fonctionnement de la grue, une capacité de charge admissible dépendante d'un ou de plusieurs paramètres modifiables, et un système de capteurs, qui détecte, pendant le fonctionnement de la grue, les paramètres modifiables actuels et les met à disposition de l'unité de surveillance, **caractérisé en ce qu'une ou plusieurs valeurs de capteur (11, 12, 13) sont modifiées avant le calcul de la capacité de charge admissible, pour déterminer la capacité de charge admissible pour un ou plusieurs paramètres futurs, et une vérification est effectuée, dès que la capacité de charge réelle correspond à la capacité de charge admissible ou la dépasse et que l'unité de surveillance a arrêté ou limité le mouvement de la grue, dans lequel, lors de la vérification, on vérifie par la modification ciblée de l'au moins une valeur de capteur, quelle modification ou quelles modifications de paramètre entraînent une diminution de la capacité de charge réelle et/ou une augmentation de la capacité de charge admissible et au moins une ou plusieurs modifications possibles de paramètres ou un ou plusieurs mouvements de grue possibles sont indiqués et/ou autorisés.** 35
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'unité de surveillance modifie le ou les paramètres de telle sorte que la capacité de charge réelle ne peut pas dépasser la capacité de charge admissible calculée, la modification d'au moins un des paramètres étant de préférence effectuée de telle manière que la vitesse de la modification de paramètre est diminuée en continu ou par paliers ou arrêtée avant qu'une valeur de paramètre ne soit atteinte pour laquelle la capacité de charge admissible cor-

respond à la capacité de charge réelle.

3. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**au moins un des paramètres est un paramètre concernant la position de la grue ou d'un élément structural de grue et/ou au moins un autre paramètre est un paramètre concernant la longueur de la flèche, l'angle d'inclinaison de la flèche, le rayon de contrepoids de derrick et/ou l'angle de rotation de la plateforme tournante. 5
4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la vitesse de la modification de paramètre est diminuée en continu ou par paliers à partir du passage sous une différence entre la capacité de charge réelle et la capacité de charge admissible. 10
5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la grue comprend une base d'appui variable et l'unité de surveillance surveille, pour la surveillance de la sécurité de grue, plusieurs critères de sécurité pendant le fonctionnement de la grue, une valeur limite spécifique admissible étant calculée et son respect surveillé pendant le fonctionnement de la grue pour chaque critère qui dépend d'au moins un paramètre concernant la configuration de la grue et/ou le mouvement de la grue pendant le fonctionnement de la grue. 20
6. Procédé selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** l'au moins un paramètre concernant la configuration de la grue et/ou le mouvement de la grue pendant le fonctionnement de la grue concerne la base d'appui variable et/ou l'angle de rotation de la partie tournante. 25
7. Procédé selon l'une des revendications précédentes 5 ou 6, **caractérisé en ce qu'**au moins une valeur limite spécifique est la capacité de charge spécifique admissible. 30
8. Procédé selon l'une des revendications précédentes 5 à 7, **caractérisé en ce que** la capacité de charge totale admissible est calculée à partir des différentes valeurs limites spécifiques ou capacités de charge spécifiques admissibles des différents critères. 35
9. Procédé selon la revendication 8, **caractérisé en ce que**, pour le calcul de la capacité de charge totale admissible, les critères sont partagés en au moins deux modes de calcul différents, en particulier en modes de calcul linéairement dépendants et linéairement indépendants. 40
10. Procédé selon la revendication 9, **caractérisé en ce que**, dans une première étape, la capacité de charge admissible est calculée pour chaque critère linéai- 45

rement indépendant, puis le minimum de ces capacités de charge est déterminé, et dans une seconde étape, une capacité de charge admissible pour les critères linéairement dépendants est déterminée par itération, l'itération commençant de préférence par le minimum de la capacité de charge des critères linéairement indépendants.

11. Procédé selon la revendication 10, **caractérisé en ce que** la détermination de la capacité de charge est effectuée selon la méthode de dichotomie. 50
12. Procédé selon l'une des revendications précédentes 8 à 11, **caractérisé en ce qu'**un ou plusieurs tableaux de capacités de charge préalablement calculés sont enregistrés sur la grue de manière à pouvoir être consultés, les tableaux contenant des valeurs limites significatives pour la résistance. 55
13. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**un planificateur d'utilisation de grue intégré est utilisé pour une surveillance de la grue à redondance hétérogène. 60
14. Grue comprenant une unité de surveillance, un système de capteurs et de préférence une base d'appui variable pour exécuter le procédé selon l'une des revendications 1 à 13. 65
15. Unité de surveillance de grue, en particulier limiteur de couple de charge (20) pour une grue selon la revendication 14 pour exécuter le procédé selon l'une des revendications 1 à 13. 70
16. Support de données comprenant un logiciel enregistré destiné à être exécuté sur une unité de surveillance de grue selon la revendication 15, comprenant des instructions qui ont pour effet que la grue selon la revendication 14 exécute les étapes de procédé selon l'une des revendications 1 à 13. 75

Fig. 1 (Stand der Technik)

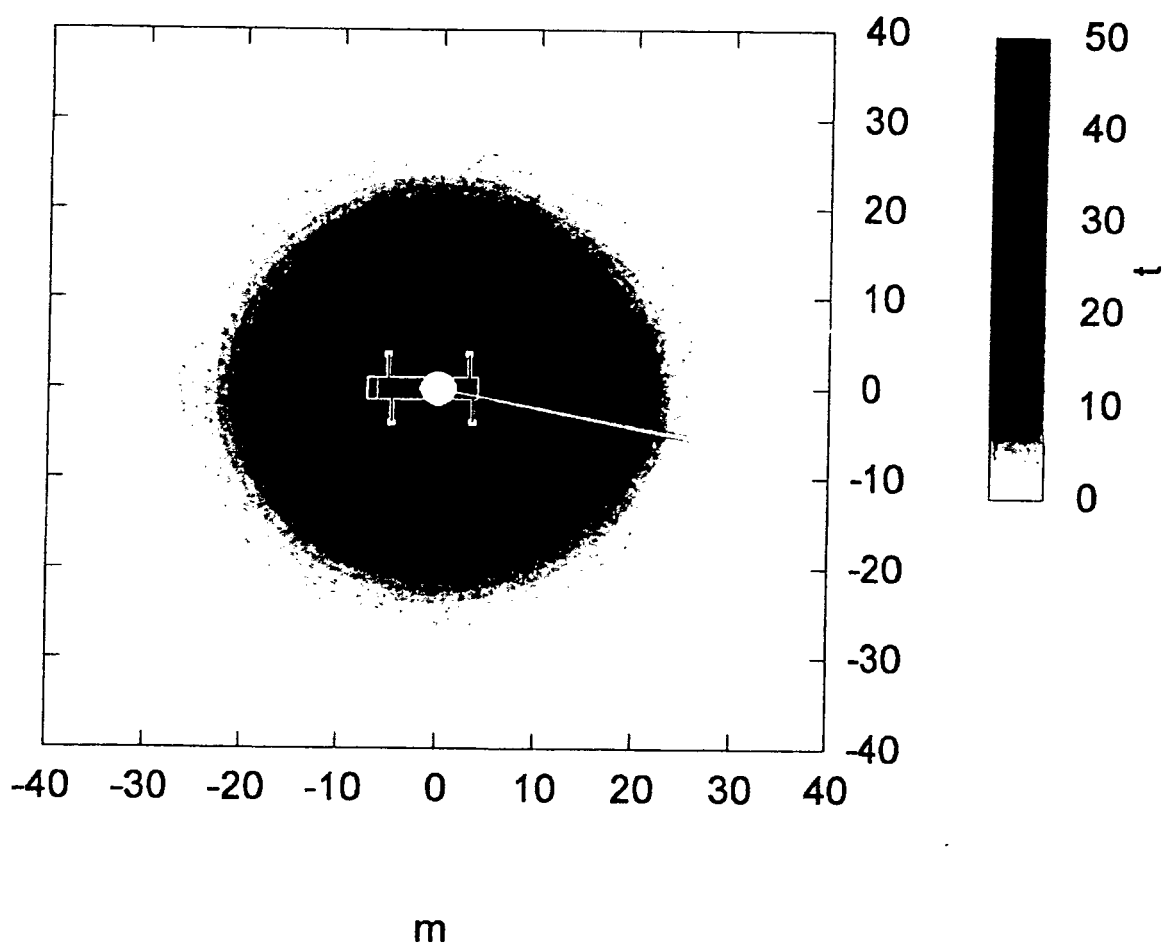


Fig. 2 (Stand der Technik)

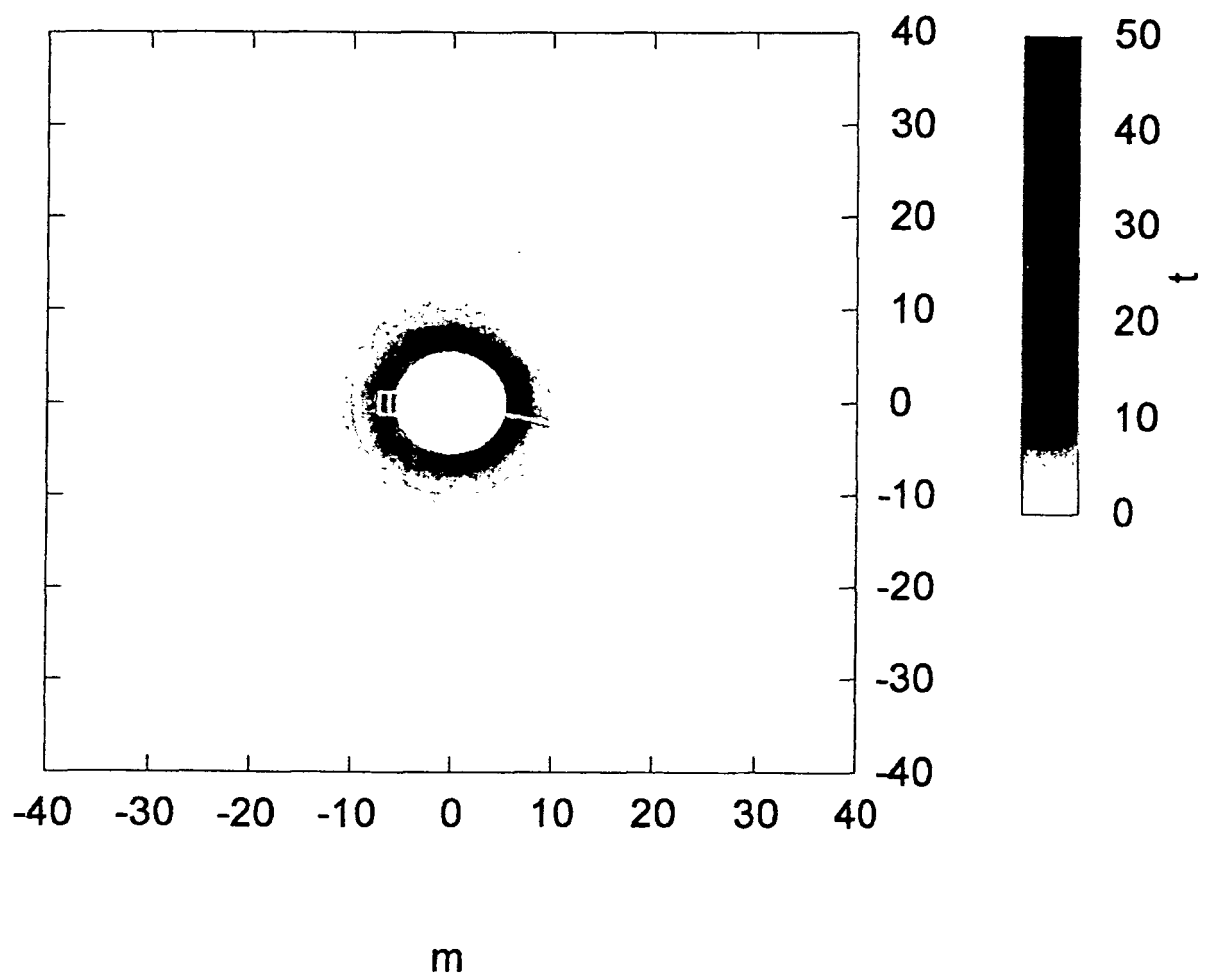


Fig. 3 (Stand der Technik)

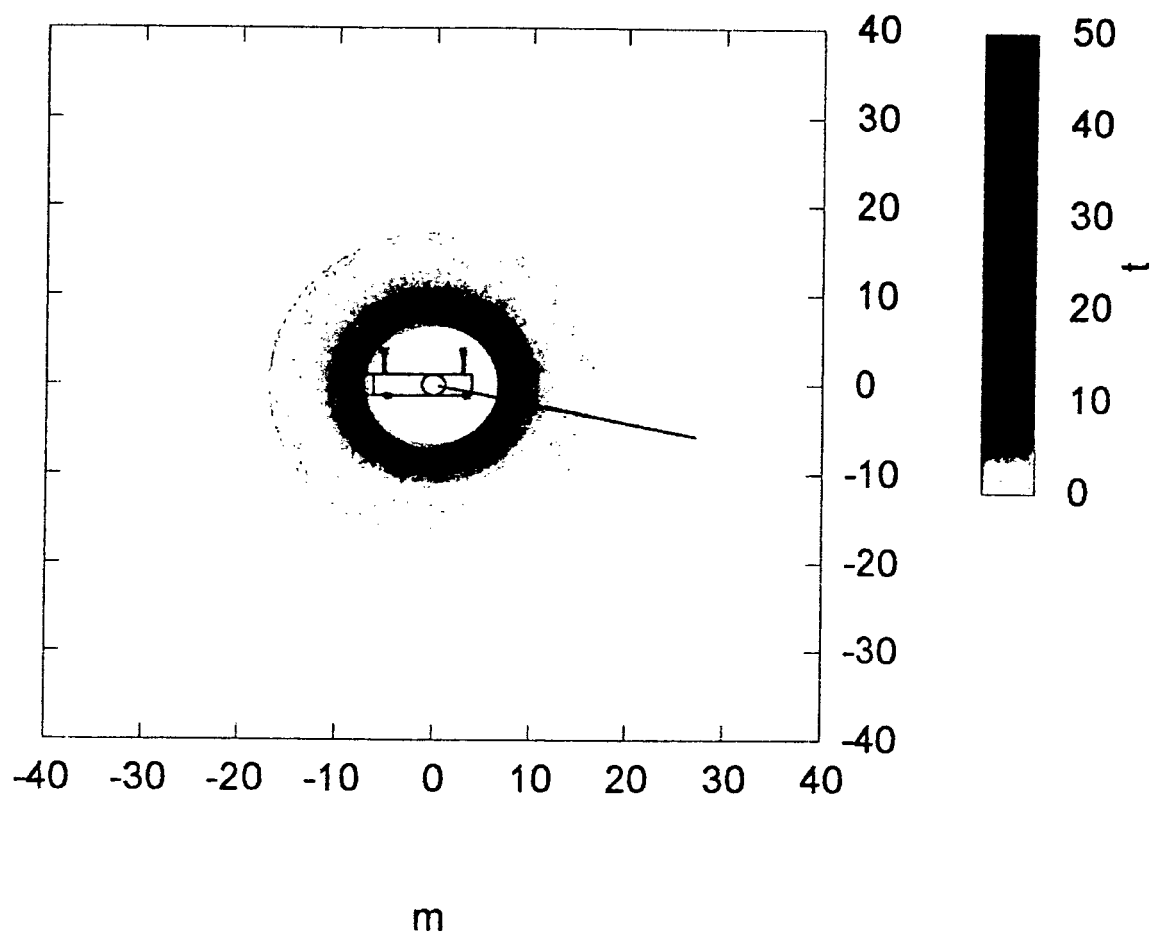


Fig. 4 (Stand der Technik)

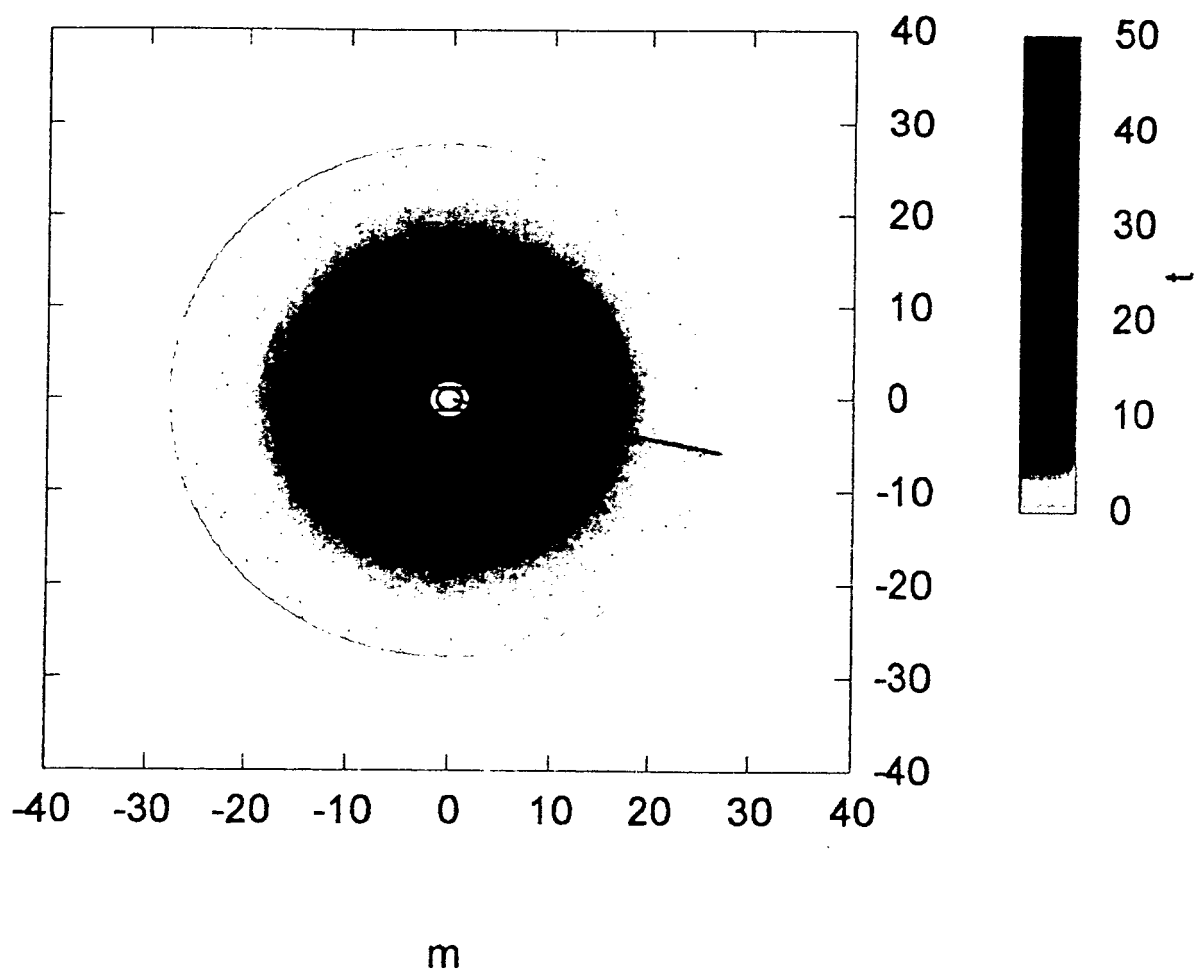


Fig. 5

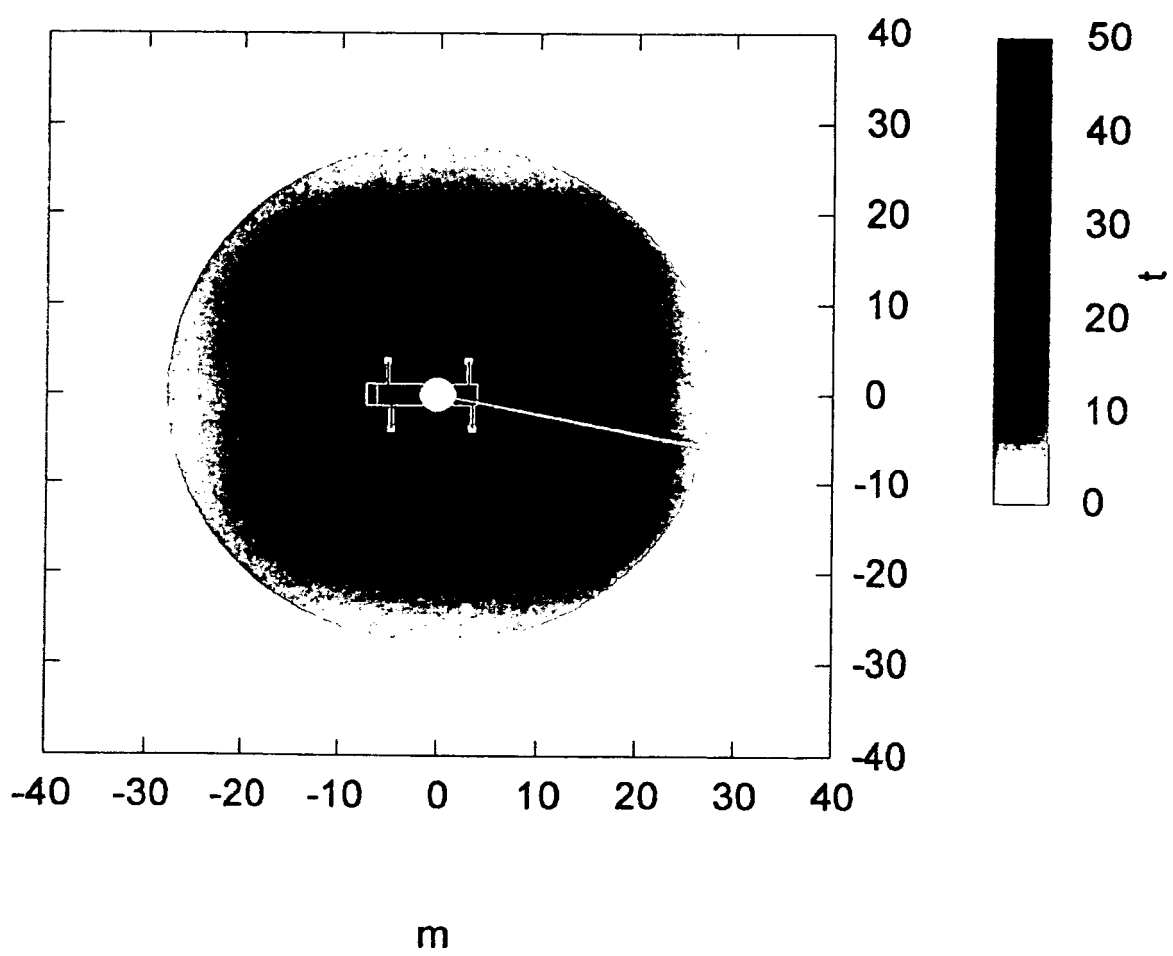


Fig. 6

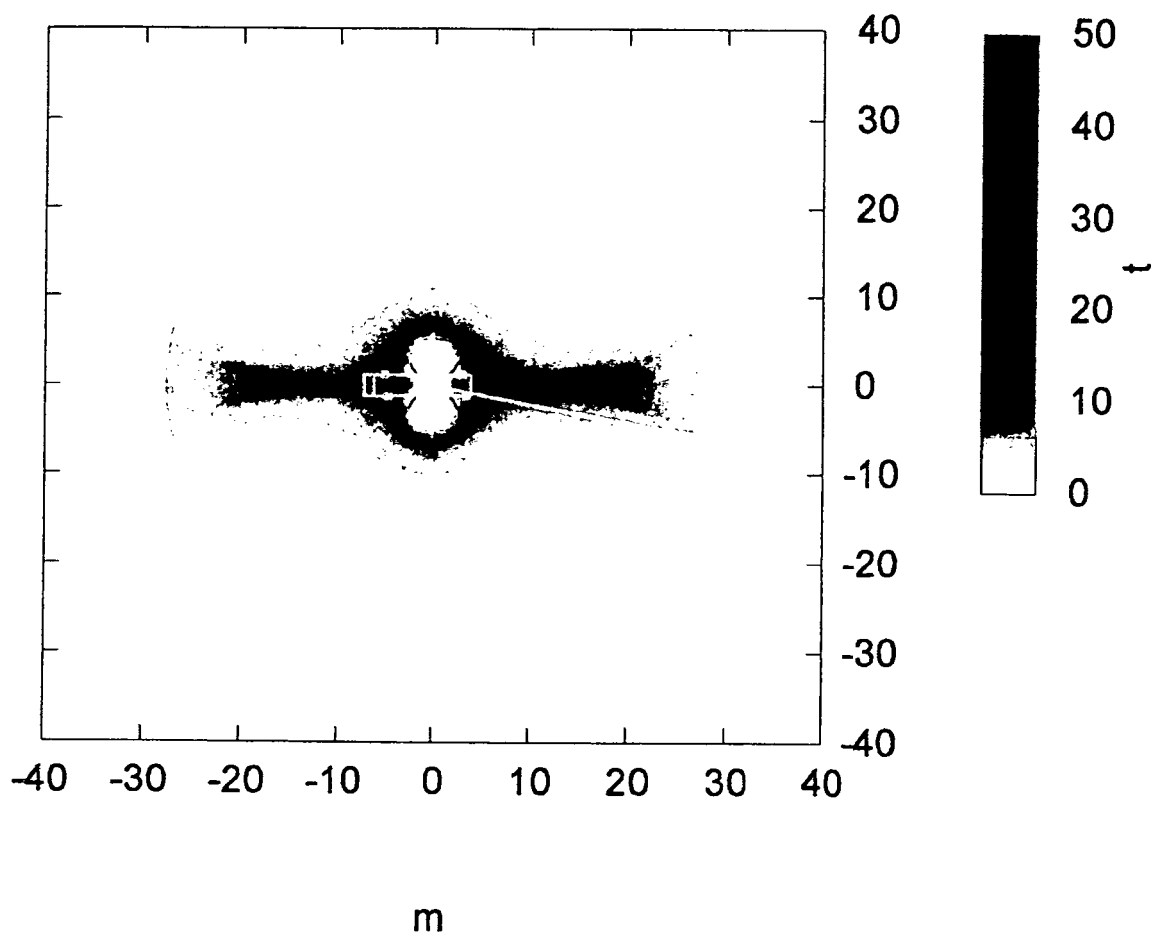


Fig. 7

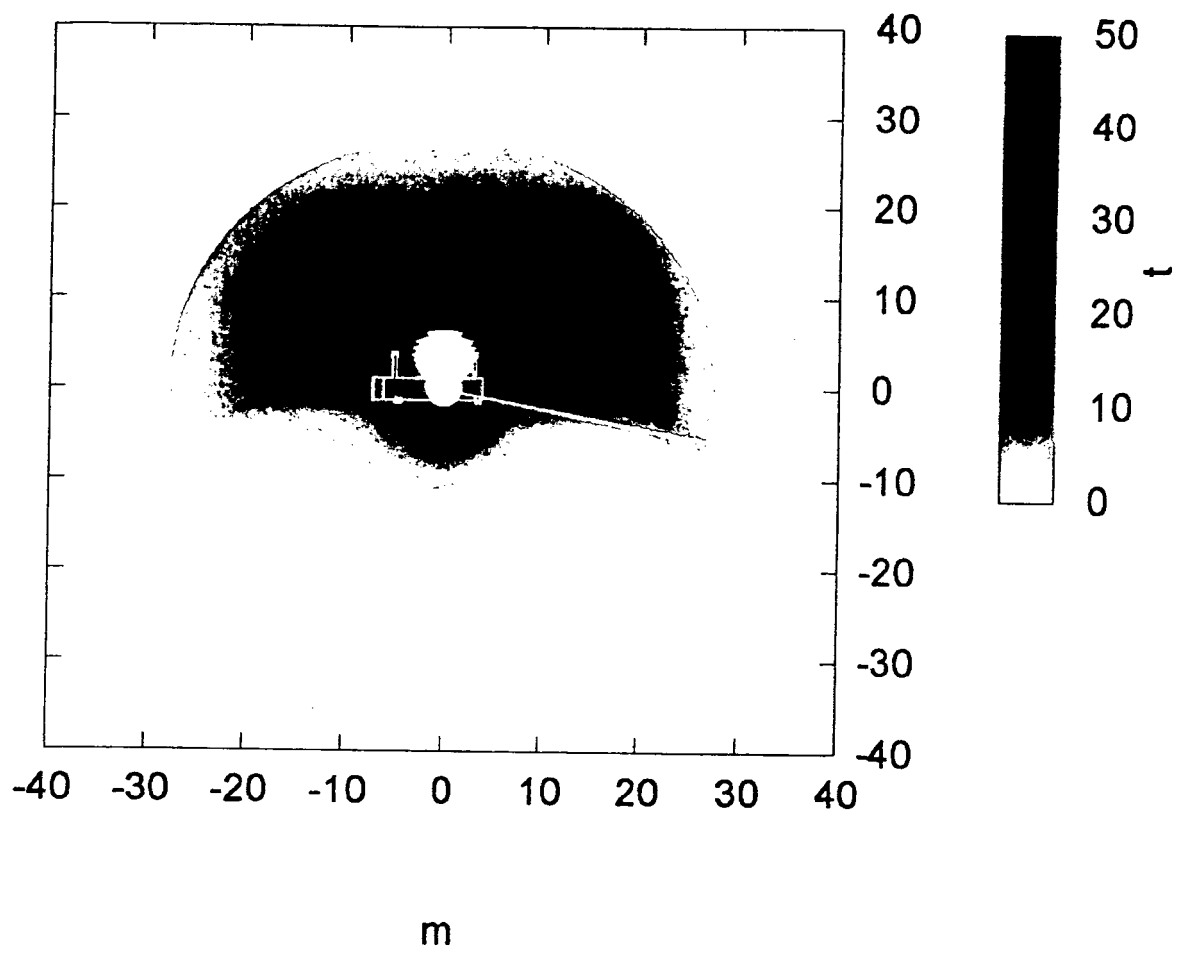


Fig. 8

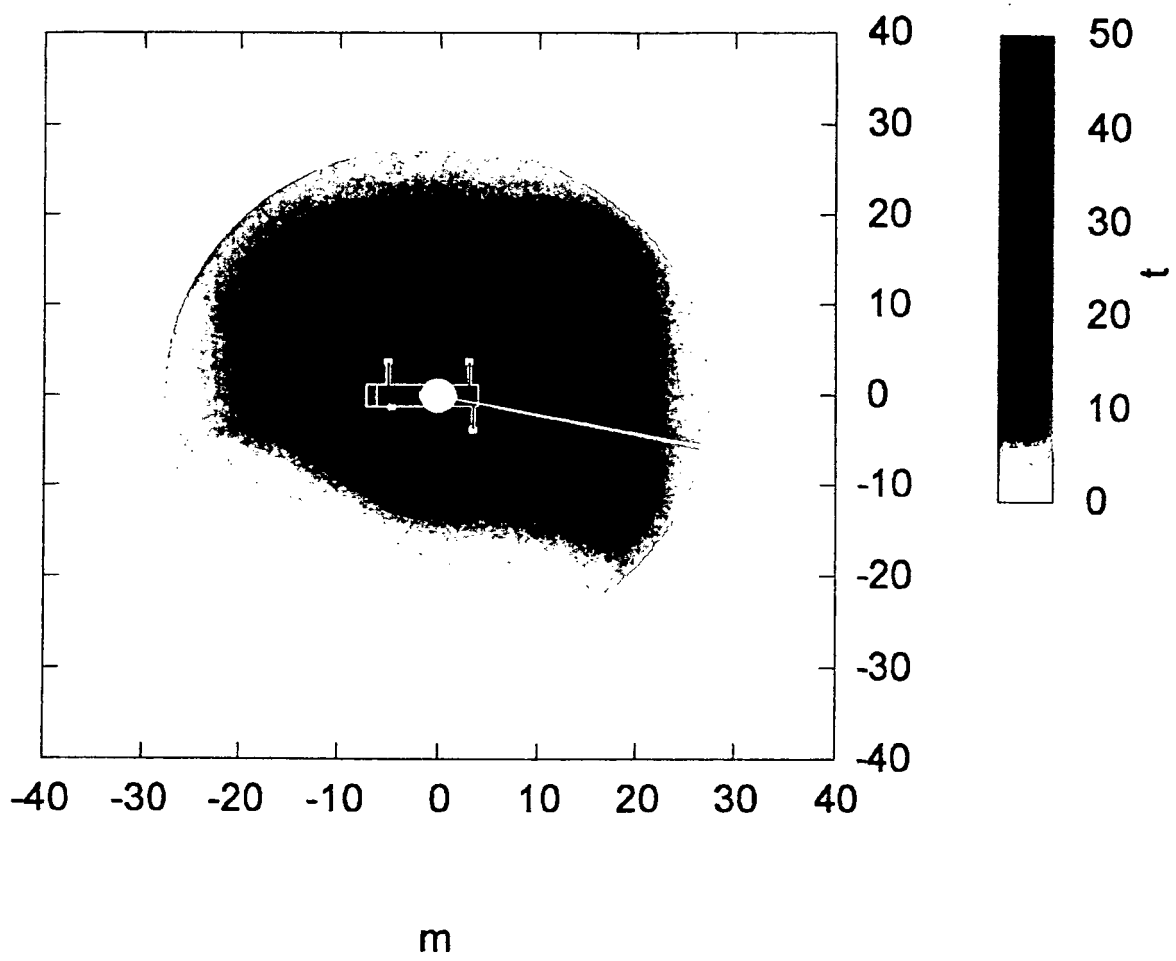


Fig.9

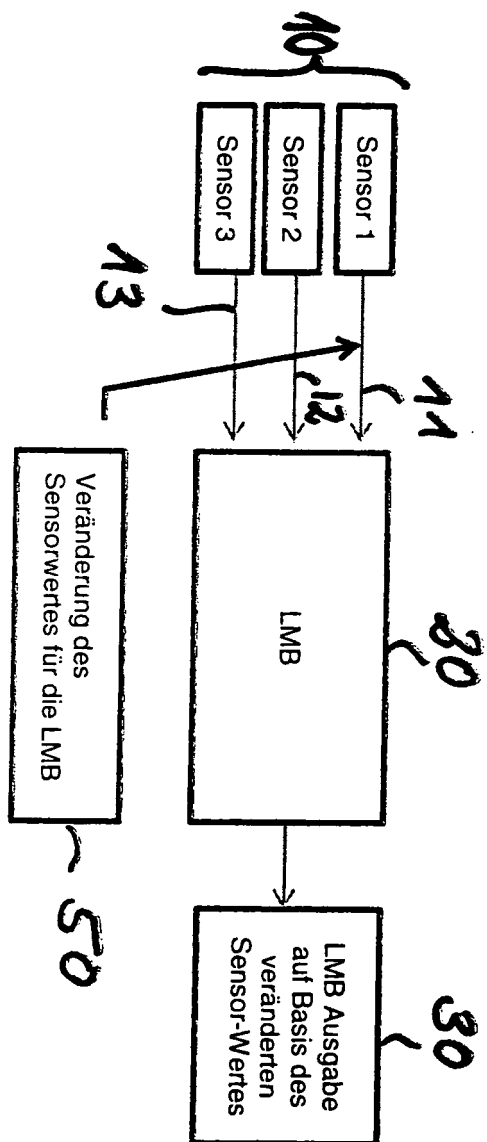
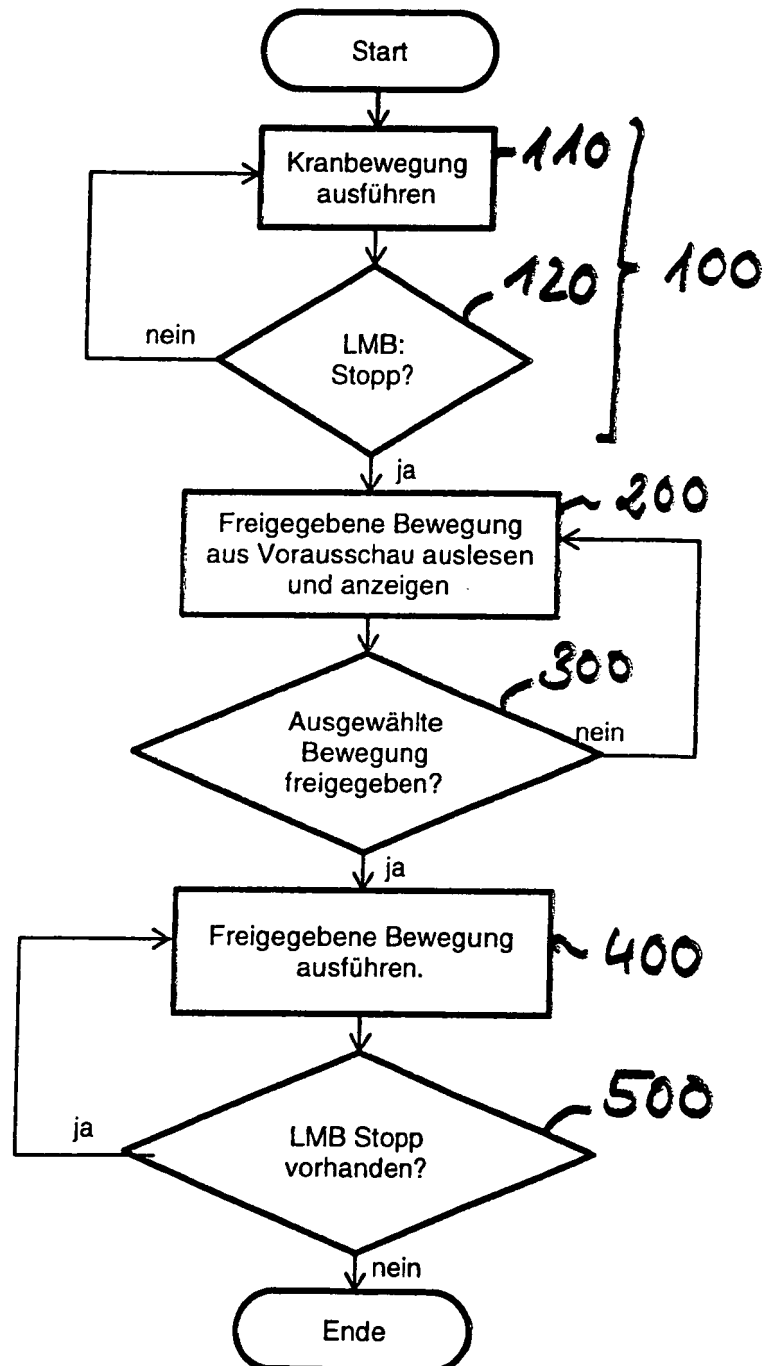


Fig.10



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 0779238 B1 [0005] [0006]
- DE 202006017730 U1 [0007]
- DE 102005035460 A1 [0008]
- DE 102005059768 A1 [0014]
- DE 102008021627 [0045]