(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2017 118 041 A1** 2019.02.14

(12) # Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2017 118 041.9**
(22) Anmeldetag: **08.08.2017**
(43) Offenlegungstag: **14.02.2019**

(51) Int Cl.: ***G01M 5/00*** (2006.01)
G01N 3/10 (2006.01)
B60P 9/00 (2006.01)

(71) Anmelder:
Hochschule Bremen, 28199 Bremen, DE

(74) Vertreter:
ZACCO Patentanwalts- und Rechtsanwaltsgesellschaft mbH, 28195 Bremen, DE

(72) Erfinder:
Gutermann, Marc, Prof. Dr.-Ing., 28211 Bremen, DE; Schröder, Carsten, Dipl.-Ing., 27628 Hagen, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

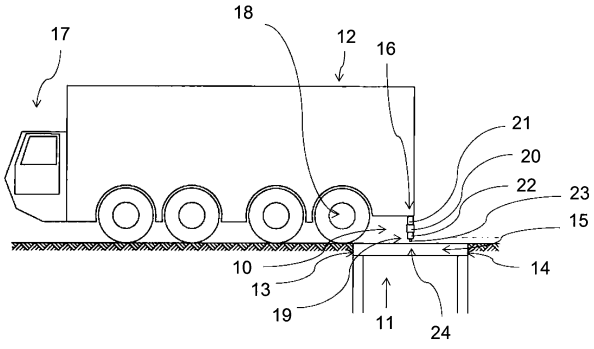
DE	**103 20 382**	**A1**
DE	**199 25 269**	**A1**
DE	**10 2004 014 246**	**A1**
DE	**74 42 634**	**U**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zum Prüfen der Belastungsfähigkeit eines Bauwerks**

(57) Zusammenfassung: Bei einem Verfahren zum Prüfen der Belastungsfähigkeit eines Bauwerks (11, 26), insbesondere einer Brücke, bei dem das Bauwerk (11, 26) mittels einer an einem Prüffahrzeug (12, 27, 28) angeordneten Prüfeinheit (19, 35), welche Hubmittel (22) hat, mit mindestens einer definierten Testlast beaufschlagt wird, und bei dem die Reaktion des Bauwerks (11, 26) mittels Sensoren erfasst wird, lässt sich die Prüfung der Belastungsfähigkeit dadurch einfach, effizient und mit geringem Aufwand durchführen, dass das Beaufschlagen mit der definierten Testlast mit einem an dem Prüffahrzeug (12, 27, 28) angebrachten modular abnehmbaren Prüfmodul (10, 25) durchgeführt wird, das die Prüfeinheit (19, 35) aufweist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Prüfen der Belastungsfähigkeit eines Bauwerks, insbesondere einer Brücke, mittels Beaufschlagen mit mindestens einer definierten Testlast, mit einer Prüfeinheit, welche Hubmittel hat, und mit einem Kraftmessgerät. Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Prüfen der Belastungsfähigkeit eines Bauwerks, insbesondere einer Brücke, bei dem das Bauwerk mittels einer an einem Prüffahrzeug angeordneten Prüfeinheit, welche mindestens einen Prüfzylinder hat, mit mindestens einer definierten Testlast beaufschlagt wird, und bei dem die Reaktion des Bauwerks mittels Sensoren erfasst wird.

[0002] Eine präzise rechnerische Bewertung der Tragsicherheit eines Bauwerks ist oftmals nicht möglich, wenn Unterlagen über dieses Bauwerk aus der Bauzeit nicht mehr vorhanden sind. Ein Belastungsversuch ist ein alternatives Nachweisverfahren, das bei Einhaltung gewisser Standards eine statische Berechnung ersetzen kann. Dabei wird eine kontrollierte, geregelte Lasterzeugung durchgeführt, wobei gleichzeitige eine Auswertung und Analyse der Bauwerksreaktion erfolgt. Die Testlasterzeugung kann beispielsweise mittels Hydraulikpressen erfolgen. Typische Bauteilreaktionen wie Durchbiegungen, Neigungen, Stahldehnungen, Betonstauchung, Schubdehnungen, Rissweitenveränderungen und/oder (Auflager-)Setzungen können in Abhängigkeit von der Last erfasst und als Grafik dargestellt werden.

[0003] Ein Belastungsversuch muss mit den vollen Sicherheitszuschlägen für Verkehrslasten erfolgen, wie sie in einer statischen Bemessung anzusetzen sind. In der Regel sind daher Prüflasten aufzubringen, die fast doppelt so groß sind wie die zulässigen Nutzlasten. Wird beispielsweise die Tragsicherheit für ein Bauwerk für die Brückenklasse **16** experimentell nachgewiesen, das für sechzehn Tonnen Gesamtgewicht zulässig ist, kann das eine Prüf-Last von über dreißig Tonnen erfordern. Dieser Umstand macht die experimentellen Tragsicherheitsnachweise relativ aufwändig, denn die vergleichsweise hohen Lasten müssen so in das Bauwerk eingeleitet werden, dass es nicht zu Schäden an dem Bauwerk kommt. Aus diesem Grund müssen für die Belastungsversuche in größerem Umfang Mess-Sensoren an den Bauwerken installiert werden, um das Verhalten der Bauwerke unter der Versuchslast beobachten zu können.

[0004] Ein Verfahren eines solchen Belastungsversuchs ist beispielsweise aus der Druckschrift DE 10 2004 014 246 A1 bekannt. Das hier beschriebene Verfahren zur Ermittlung belastungsabhängiger Tragwerksverformungen an Brücken trägt durch kurzzeitiges, stufenweises Befahren der Brücke mit einem Fahrzeug definierte Belastungen in das zu untersuchende Tragwerk ein und ermittelt die als Folge am Tragwerk entstehenden Verformungen. Die Verformungen werden dabei mit einer dafür vorgesehenen Vorrichtung gemessen.

[0005] Ein regelkonformer experimenteller Tragsicherheitsnachweis erfordert eine geregelte Lasteinteilung weit oberhalb der Gebrauchslast. Das Befahren einer Brücke allein mit einem schweren Fahrzeug oder das Auflegen von Ballast ist als Nachweis jedoch nicht zulässig, da die erforderlichen Prüflasten auf diese Weise nicht feinstufig geregelt in die Bauwerke eingeleitet werden können.

[0006] In der Regel werden daher für Belastungsversuche eigens für diesen Zweck konstruierte Belastungsfahrzeuge eingesetzt. Ein solches Belastungsfahrzeug zur Tragsicherheitsbewertung von Bauwerken ist beispielsweise aus der Druckschrift DE 199 25 269 A1 bekannt. Durch das hier beschriebene Belastungsfahrzeug sind Testlasten auf das Bauwerk aufbringbar. Das Belastungsfahrzeug hat einen teleskopierbaren Fahrzeugrahmen, wodurch es auf die Länge des zu testenden Bauwerks eingestellt werden kann. Der Abstand von Abstützpunkten, an denen sich das Belastungsfahrzeug auf dem Bauwerk abstützt, kann auf diese Weise so variiert werden, dass die Abstützpunkte des Belastungsfahrzeuges im Fall einer Brücke genau auf den Auflagerpunkten der Brücke zu liegen kommen. Zur Bestimmung der Tragsicherheit des Bauwerks wird eine Testlast über hydraulische Stempel in das Bauwerk eingeleitet.

[0007] Mit dem Einsatz eines Belastungsfahrzeugs sind einige entscheidende Nachteile verbunden:

[0008] Ein Nachteil sind die sehr hohen Einsatzkosten. Bei den Belastungsfahrzeugen handelt es sich um Spezialgeräte, die nur zur Durchführung von Belastungsversuchen genutzt werden. Dadurch entfällt ein hoher Fixkostenanteil auf die Einsätze, die mit dem Gerät abgewickelt werden. Zudem muss jede einzelne Fahrt genehmigt und mit einem Begleitfahrzeug durchgeführt werden. Dies führt insbesondere bei größeren Entfernungen vom Standort zu Unannehmlichkeiten, da jedes Bundesland, das befahren wird, eine eigene Genehmigung erteilen muss. Ebenfalls sind die Kosten für die Erzeugung der Prüflasten immens, daher sind experimentelle Tragsicherheitsnachweise durch Belastungsversuche beispielsweise bei kleinen Brücken meist unwirtschaftlich. In der Folge wurden kleine Brücken mit unklarer Tragsicherheit eher abgerissen und neu gebaut, als dass sie Belastungsversuchen unterzogen wurden.

[0009] Die Länge und das Gewicht eines Belastungsfahrzeuges sind darüber hinaus groß. Insbesondere bei kleinen Brücken haben die Zufahrten oft-

mals enge Kurven und sind teilweise unbefestigt. In solchen Fällen ist ein Einsatz eines Belastungsfahrzeuges nicht möglich.

[0010] Bei kleinen Brücken mit geringer Tragkraft sind Belastungsfahrzeuge deshalb oft nicht einsetzbar. Bei einem Einsatz des Belastungsfahrzeuges müssen die Brücken vor dem Prüfvorgang zudem mit der Zugmaschine überfahren werden, was eine nachgewiesene Mindesttragfähigkeit voraussetzt, die vielfach nicht gegeben ist.

[0011] Darüber hinaus sind Testverfahren mit Stahlrahmen bekannt, bei denen der Testrahmen über Rückanker in den Widerlagern der Brücke befestigt wird. Die eigentliche Testlast wird gegen diese Testrahmen über hydraulische Stempel in die zu testende Brücke eingeleitet. Dazu sind jedoch Bohrungen durch die Dichtung der Brücke erforderlich. Diese kann zwar anschließend wieder hergestellt werden, es liegt jedoch nicht im Interesse der Brückeneigner, eine funktionierende Dichtung wissentlich zu beschädigen. Ein weiterer Nachteil ist, dass der Aufbau der Testrahmen zeitintensiv ist und sowohl der Auf- und Abbau der Testrahmen als auch die Durchführung der Versuche mit langen Sperrzeiten der Brücke verbunden ist.

[0012] Es ist daher wünschenswert, die Kosten für den experimentellen Nachweis der Tragsicherheit kleinerer Brücken zu senken und einen alternativen Nachweis der Tragsicherheit von Brücken mit geringer Tragfähigkeit überhaupt erst wirtschaftlich zu ermöglichen.

[0013] Aufgabe der Erfindung ist es, eine Vorrichtung, ein Verfahren und ein System anzugeben, mit denen sich die Prüfung der Belastungsfähigkeit eines Bauwerks einfach, effizient und mit geringem Aufwand durchführen lässt.

[0014] Die Aufgabe wird bei einer Vorrichtung der eingangsgenannten Art durch einen modularen Aufbau, einen Träger und Befestigungsmittel zum abnehmbaren Anbringen des Trägers an einem Prüffahrzeug gelöst, und bei einem Verfahren der eingangs genannten Art dadurch, dass das Beaufschlagen mit der definierten Testlast mit einem an dem Prüffahrzeug angebrachten modular abnehmbaren Prüfmodul, insbesondere entsprechend der genannten Vorrichtung, durchgeführt wird, das die Prüfeinheit aufweist. Weiter wird die Aufgabe dadurch gelöst, dass ein Prüffahrzeug und ein abnehmbares Prüfmodul, insbesondere entsprechend der genannten Vorrichtung, ein System zum Prüfen der Belastungsfähigkeit von Bauwerken, insbesondere nach dem genannten Verfahren, bilden.

[0015] Durch eine modular an- und wieder abbaubare Vorrichtung zum Prüfen der Belastungsfähigkeit eines Bauwerks reduzieren sich die Kosten für experimentelle Tragsicherheitsnachweise durch Belastungsversuche erheblich, da das Verfahren flexibel und einfach ist. Die Prüffahrzeuge stehen nahezu überall zur Verfügung, wodurch lange Anfahrtswege entfallen und die Einsatzzeiten verkürzt werden. Eine Mindesttragfähigkeit des Bauwerks, die sich durch das Gewicht des Prüffahrzeugs ergibt, ist nicht vorausgesetzt und eine Schädigungsgrenze kann frühzeitig erkannt und die Belastung gegebenenfalls rechtzeitig beendet werden. Hubmittel dienen zur Lasterzeugung mittels Abstützen gegen ein Gewicht. Die Hubmittel können mindestens einen mechanischen Prüfzylinder oder hydraulischen Prüfzylinder aufweisen. Insbesondere kann der hydraulische Prüfzylinder als Hydraulikzylinder ausgebildet sein.

[0016] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung hat die Prüfeinheit mindestens ein Kraftmessgerät. Das Kraftmessgerät ist den Hubmitteln zugeordnet. Mittels des Kraftmessgerätes wird die definierte Testlast eingestellt. Bei einer Weiterbildung weisen die Hubmittel mindestens einen Prüfzylinder auf. Die Hubmittel können mehrere Prüfzylinder haben. Auf diese Weise kann die erzeugte Last kontrolliert über die Breite des Bauwerks verteilt werden. Vorzugsweise kann die Prüfeinheit insgesamt vier Prüfzylinder haben. Vorzugsweise sind jeweils zwei Prüfzylinder an einer Unterseite des Trägers und sich zum Boden hin erstreckend, nebeneinander, insbesondere quer zur Längsrichtung des Trägers benachbart zueinander, angeordnet. Jeweils einem Prüfzylinder kann jeweils ein Kraftmessgerät zugeordnet sein. Insbesondere kann ein Kraftmessgerät jeweils an einem Prüfzylinder angeordnet sein. Insbesondere kann jeweils ein Kraftmessgerät auf einer dem Bauwerk zugewandten Seite jeweils eines Prüfzylinders, zwischen dem Prüfzylinder und dem Bauwerk angeordnet sein. Alternativ kann nur ein Kraftmessgerät genutzt werden, wobei dieses eine Kraftmessgerät auf einer dem Bauwerk zugewandten Seite nur eines Prüfzylinders angeordnet sein kann und der von diesem Kraftmessgerät bestimmte Messwert mit der Gesamtzahl der eingesetzten Hydraulikzylinder multipliziert wird.

[0017] Ebenfalls ist die Messung des Öldrucks in dem Hydrauliksystem mit einer anschließenden Umrechnung in auftretenden Kräfte, oder die Messung der Stahldehnung in der Traverse mit einer anschließenden Umrechnung in die auftretenden Kräfte denkbar.

[0018] Gemäß einer Weiterbildung ist der Prüfzylinder als Hydraulikzylinder ausgebildet. Der Hydraulikzylinder ist insbesondere mittels einer Schlauchleitung mit einer Pumpe verbunden. Die Pumpe kann den Hydraulikzylinder mit einer Hydraulikflüssigkeit versorgen. Die Pumpe ist insbesondere in einem ex-

ternen Messfahrzeug angeordnet. Somit muss die Pumpe nicht auf das Prüffahrzeug aufgeladen werden und kann mit dem Messfahrzeug bereitgestellt werden. Alternativ kann die Pumpe im Freien, in einem Zelt, in einem Bauwagen oder in einem Container angeordnet sein.

[0019] Bei einer Weiterbildung der Erfindung haben die Befestigungsmittel einen Adapter. Der Adapter dient insbesondere zum abnehmbaren Anbringen des Trägers an einem Mobilkran oder einem Sattelauflieger. Vorzugsweise ist der Adapter als Adapterplatte ausgebildet. Durch die Adapterplatte kann das Prüfmodul an unterschiedliche Prüffahrzeugtypen, insbesondere Krantypen angebaut werden. Der Träger kann an unterschiedlichen Stellen an der Adapterplatte positioniert sein.

[0020] Gemäß einer Weiterbildung ist der Adapter zum abnehmbaren Anbringen des Trägers an einer hydraulischen Abstützung, insbesondere des Mobilkrans oder des Sattelaufliegers ausgebildet. Die hydraulische Abstützung ist darauf ausgelegt das gesamte Gewicht des Fahrzeugs zu tragen. Wird der Adapter an der hydraulischen Abstützung angebracht, ist sichergestellt, dass keine Fahrzeugteile, insbesondere Rahmenteile des Prüffahrzeugs, insbesondere des Mobilkrans beschädigt werden oder sich verziehen. Insbesondere ist der Adapter zum abnehmbaren Anbringen des Trägers an einer von einer Fahrerkabine abgewandten hinteren hydraulischen Abstützung, insbesondere des Mobilkrans oder des Sattelaufliegers ausgebildet. Auf diese Weise kann ein Belastungsversuch vorgenommen werden, ohne dass das Prüffahrzeug das Bauwerk vor dem Prüfvorgang überqueren muss. Das Prüffahrzeug kann dazu rückwärts an das Bauwerk heranfahren und schrittweise die Tragfähigkeit an verschiedenen Positionen auf dem Bauwerk nachweisen. Dadurch ist keine, dem hohen Gewicht des Prüffahrzeugs entsprechende Mindesttragfähigkeit des Bauwerks vorausgesetzt.

[0021] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung ist der Träger als Traverse ausgebildet. Die Traverse ist insbesondere quer zur Längsachse des Prüffahrzeugs ausgerichtet. Mindestens ein Prüfzylinder und mindestens ein Kraftmessgerät können an der Traverse angeordnet sein. Bei einer weiteren Ausgestaltung ist der Träger als Belastungsrahmen ausgebildet. Der Belastungsrahmen ist insbesondere in Längsrichtung des Prüffahrzeugs ausgerichtet. Mittels des Belastungsrahmens können Prüffahrzeuge miteinander verbunden werden.

[0022] Bei einer Weiterbildung der Vorrichtung ist ein Belastungsrahmen zum Verbinden von mindestens zwei Prüffahrzeugen ausgebildet. Vorzugsweise sind zwei Prüffahrzeuge mittels zwei Belastungsrahmen miteinander verbunden. Die Belastungsrahmen können in Längsrichtung parallel zueinander angeordnet sein. Hubmittel und mindestens ein Kraftmessgerät sind an einem Belastungsrahmen angeordnet. Auf diese Weise kann die Prüfeinheit zwischen zwei Prüffahrzeugen angeordnet sein. Vorzugsweise sind die Positionierung der Hubmittel und des Kraftmessgeräts an dem Belastungsrahmen veränderbar. Auf diese Weise kann die Prüfeinheit in ihrer Position verändert werden und die Belastungsversuche an unterschiedlichen Belastungsstellen durchgeführt werden.

[0023] Bei einer Weiterbildung der Erfindung ist eine Steuerung zum Steuern und/oder Überwachen der Prüfung der Belastungsfähigkeit des Bauwerks vorgesehen. Die Steuerung ist insbesondere in einem externen Messfahrzeug angeordnet. Somit kann die Steuerung in dem externen Messfahrzeug vorab eingerichtet und bereitgestellt werden.

[0024] Bei einer Weiterbildung des Verfahrens mit den Erfindungsmerkmalen wird als Prüffahrzeug ein Mobilkran oder ein Sattelauflieger genutzt. Die Prüfeinheit kann als externes abnehmbares Prüfmodul an dem Mobilkran oder an dem Sattelauflieger angebracht werden. Der Mobilkran ermöglicht es, Belastungsversuche auch an Brücken durchzuführen, deren Tragsicherheit aufgrund ihrer Größe oder Lage bisher nicht wirtschaftlich und regelkonform auf experimentellem Wege nachgewiesen werden kann. Mit dem Mobilkran kann somit die geregelte Erzeugung von Prüflasten oberhalb der Gebrauchslast auch bei kleinen Brücken ermöglicht werden. Der Einsatz eines Mobilkrans ist auch auf unbefestigten Wegen unproblematisch. Dank der Allradlenkung und der deutlich geringeren Gesamtlänge gegenüber einem Belastungsfahrzeug, können relativ enge Kurven problemlos befahren werden. So können auch Brücken im Bereich von Wirtschafts- und Forstwegen gut erreicht werden.

[0025] Ein weiterer Vorteil liegt darin, dass geeignete Mobilkräne nahezu überall verfügbar sind. Lange Anfahrtswege und der Einsatz von Begleitfahrzeugen sind bei den infrage kommenden Mobilkränen in der Regel nicht erforderlich. Da die Anfahrtswege in der Regel erheblich kürzer sind entfällt häufig die Notwendigkeit der Beteiligung mehrerer Bundesländer an dem Verfahren zum Einholen erforderlicher behördlicher Genehmigungen.

[0026] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird eine hydraulische Abstützung des Prüffahrzeugs zum Anordnen des abnehmbaren Prüfmoduls genutzt. Die Prüfhydraulik kann dabei mittels der Traverse und der Adapterplatte an der hydraulischen Abstützung des Prüffahrzeugs angebracht werden. Insbesondere wird eine von einer Fahrerkabine abgewandte hintere hydraulische Abstützung des Prüffahrzeugs zum Anordnen des abnehmbaren Prüfmoduls genutzt. Auf

diese Weise kann ein Belastungsversuch mittels des Prüfmoduls vorgenommen werden, indem die Traverse über einer vorab festgelegten Position des Bauwerks positioniert wird. Das Prüffahrzeug muss das Bauwerk somit vor dem Prüfvorgang nicht überqueren. Das Prüfmodul kann nach dem Einsatz wieder abgebaut werden.

[0027] Die Sensortypen und die Sensorpositionen werden entsprechend dem jeweiligen Bauwerk ausgewählt. Die Sensoren dienen zur Erfassung der Bauwerksreaktionen bei den Belastungsversuchen. Je nach Bauwerk können die Sensortypen und die Sensorpositionen variieren.

[0028] Die definierte Testlast wird mittels mindestens eines Kraftmessgeräts eingestellt. Jeweils einem Kraftmessgerät kann jeweils ein Prüfzylinder zugeordnet werden. Insbesondere kann das Kraftmessgerät jeweils an einem Prüfzylinder angeordnet werden. Insbesondere kann das Kraftmessgerät auf einer dem Bauwerk zugewandten Seite des Prüfzylinders, zwischen dem Prüfzylinder und dem Bauwerk angeordnet werden.

[0029] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung erfolgt das Prüfen der Belastungsfähigkeit des Bauwerks vor einem Widerlager des Bauwerks und wird für definierte Laststellungen auf dem Bauwerk wiederholt. Eine Laststellung ist eine Position auf dem Bauwerk, an der das Bauwerk mittels dem Prüfzylinder mit der Testlast beaufschlagt wird. Vorzugsweise wird das Prüfen der Belastungsfähigkeit des Bauwerks in Schritten von ca. 0,50 m wiederholt. Die ideale Schrittweite ergibt sich aus dem jeweiligen Abstand zwischen der dem Prüfmodul benachbarten Achse des Prüffahrzeugs und der Traverse des Prüfmoduls, da das Prüffahrzeug nach erfolgreichem Prüfen der Belastungsfähigkeit für eine Laststellung vorfahren kann, bis die dem Prüfmodul benachbarte Achse des Prüffahrzeugs diese Position erreicht. Alternativ wird das Prüfen der Belastungsfähigkeit des Bauwerks an mindestens drei weiteren Laststellungen wiederholt, insbesondere an einem Auflager des Bauwerks, nach einem Viertel einer Weglänge eines Überbaus und in der Mitte der Weglänge des Überbaus des Bauwerks. Die Weglänge des Überbaus entspricht dabei der Stützweite der Brücke. Vorzugsweise wird das Prüffahrzeug schrittweise das Prüfmodul voraus über das Bauwerk bewegt.

[0030] Gemäß einer Weiterbildung des Verfahrens wird mindestens ein weiteres Prüffahrzeug verwendet. Auf diese Weise können Belastungsversuche auch an Brücken mit großer Stützweite vorgenommen werden. Den Prüffahrzeugen kann jeweils ein Zusatzballast zugefügt werden. Dadurch kann das Gewicht des jeweiligen Prüffahrzeuges bei Bedarf erhöht werden.

[0031] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung wird mindestens ein Träger genutzt, um Hubmittel und mindestens ein Kraftmessgerät bereitzustellen. Vorzugsweise werden zwei Träger genutzt, um jeweils Hubmittel und mindestens ein Kraftmessgerät bereitzustellen. Die Träger sind zwischen mindestens zwei Prüffahrzeugen angeordnet. Mittels der Träger können die Prüffahrzeuge miteinander verbunden werden. Auf diese Weise kann die Prüfvorrichtung zwischen zwei Prüffahrzeugen installiert werden. Die Träger sind insbesondere als Belastungsrahmen ausgebildet. Die Belastungsrahmen können jeweils in Längsrichtung des Prüffahrzeugs ausgebildet sein. Die Belastungsrahmen sind in Längsrichtung parallel zueinander angeordnet. Ein erstes Ende eines Belastungsrahmens kann an einer, an einem ersten Prüffahrzeug angeordneten Traverse angeordnet sein. Ein von dem ersten Ende eines Belastungsrahmens abgewandtes zweites Ende eines Belastungsrahmens kann an einer, an einem zweiten Prüffahrzeug angeordneten Traverse angeordnet sein. In einen Belastungsrahmen können Hubmittel und mindestens ein Kraftmessgerät integriert sein. Jeweils ein Kraftmessgerät kann Hubmitteln zugeordnet werden. Insbesondere sind die Hubmittel und das Kraftmessgerät in ihrer Positionierung veränderbar. Auf diese Weise kann die Durchführung der Belastungsversuche an unterschiedlichen Belastungsstellen ermöglicht werden, wobei die Positionierung der Hubmittel und des Kraftmessgeräts an den Belastungsrahmen verändert wird.

[0032] Gemäß einer Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens versorgt eine Pumpe die mindestens einen Prüfzylinder, der insbesondere als Hydraulikzylinder ausgebildet ist, ausweisenden Hubmittel mittels einer Schlauchleitung mit einer Hydraulikflüssigkeit. Die Pumpe ist insbesondere in einem externen Messfahrzeug angeordnet. Das Prüfen der Belastungsfähigkeit des Bauwerks wird mittels einer Steuerung gesteuert und überwacht. Die Steuerung ist insbesondere in einem externen Messfahrzeug angeordnet. Auf diese Weise muss nicht für jeden Prüfvorgang ein individueller Einbau von Pumpe und Steuerung in das jeweilige Prüffahrzeug erfolgen. Somit können Zeit und Kosten gespart werden.

[0033] Ein abnehmbares Prüfmodul, insbesondere mit den Erfindungsmerkmalen, wird zum Prüfen der Belastungsfähigkeit von Bauwerken verwendet. Insbesondere wird das erfindungsgemäße abnehmbare Prüfmodul zum Prüfen der Belastungsfähigkeit von Bauwerken nach dem erfindungsgemäßen Verfahren verwendet.

[0034] Ein Prüffahrzeug und ein abnehmbares Prüfmodul bilden ein System zum Prüfen der Belastungsfähigkeit von Bauwerken. Insbesondere wird das System aus einem Prüffahrzeug und dem erfindungsgemäßen abnehmbaren Prüfmodul gebildet.

Das Prüfen der Belastungsfähigkeit von Bauwerken mit einem Prüffahrzeug und dem erfindungsgemäßen abnehmbaren Prüfmodul erfolgt insbesondere nach dem erfindungsgemäßen Verfahren.

[0035] Bei einer Weiterbildung hat das System aus einem Prüffahrzeug und einem abnehmbaren Prüfmodul außerdem ein externes Messfahrzeug. Das externe Messfahrzeug hat eine Steuerung zum Steuern und/oder Überwachen des Prüfvorgangs. Weiter hat das Messfahrzeug eine Pumpe zur Versorgung der mindestens einen, insbesondere als Hydraulikzylinder ausgebildeten, Prüfzylinder aufweisenden Hubmittel mit einer Hydraulikflüssigkeit. Der Hydraulikzylinder ist mittels einer Schlauchleitung mit der Pumpe verbindbar. Auf diese Weise kann die Pumpe dem Hydraulikzylinder die Hydraulikflüssigkeit zur Verfügung stellen.

[0036] Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Figuren näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Seitenansicht einer ersten Vorrichtung mit den Erfindungsmerkmalen zum Prüfen der Belastungsfähigkeit eines Bauwerks, beispielhaft angebracht an einem Prüffahrzeug, und

Fig. 2 eine schematische Seitenansicht einer weiteren Vorrichtung mit den Erfindungsmerkmalen zum Prüfen der Belastungsfähigkeit eines Bauwerks, beispielhaft angebracht zwischen zwei Prüffahrzeugen.

[0037] Fig. 1 zeigt eine schematische Seitenansicht einer ersten Vorrichtung **10** mit den Erfindungsmerkmalen zum Prüfen der Belastungsfähigkeit eines Bauwerks **11**, beispielhaft angebracht an einem Prüffahrzeug **12**. Bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel ist das Bauwerk **11** eine Brücke **11** kleiner Stützweite. Die Brücke **11** hat ein erstes dem Prüffahrzeug **12** zugewandtes Auflager **13**, ein zweites von dem Prüffahrzeug **12** abgewandtes Auflager **14** und einen Überbau **15**. Das Prüffahrzeug **12** ist bei dem Ausführungsbeispiel als handelsüblicher Mobilkran **12** ausgebildet. Der Mobilkran **12** hat an einem der Brücke **11** zugewandten rückseitigen Ende eine hintere hydraulische Abstützung **16** und an einem von der Brücke abgewandten vorderen Ende eine Fahrerkabine **17**. Weiter hat der Mobilkran **12** mehrere Achsen. Bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel sind vier Achsen vorgesehen. In der Figur ist zur besseren Übersicht nur eine, benachbart zu der hinteren hydraulischen Abstützung **16** angeordnete Achse **18** des Mobilkrans **12** mit einem Bezugszeichen versehen. Der Mobilkran **12** kann eine abweichende Anzahl an Achsen haben. Die Vorrichtung **10** ist als abnehmbare Prüfvorrichtung an der hinteren hydraulischen Abstützung **16** des Mobilkrans **12**, benachbart zu der Achse **18** des Mobilkrans **12** angeordnet. Bei dem Ausführungsbeispiel ist die Vorrichtung **10** als Prüfmodul **10** ausgebildet.

[0038] Das Prüfmodul **10** hat eine Prüfeinheit **19**, einen Träger **20** und einen Adapter **21**. Bei dem Ausführungsbeispiel ist die Prüfeinheit **19** als Prüfhydraulik **19** ausgebildet, der Träger **20** als Traverse **20**, insbesondere als Quertraverse, und der Adapter **21** als Adapterplatte **21**. Die Adapterplatte **21** ist bei dem Ausführungsbeispiel an der hinteren hydraulischen Abstützung **16** des Mobilkrans **12** angeordnet. Die Traverse **20** ist an der Adapterplatte **21** und die Prüfhydraulik **19** an der Traverse **20** angeordnet. Die Prüfhydraulik **19** hat Hubmittel **22** und Kraftmessgeräte **23**. Bei dem Ausführungsbeispiel haben die Hubmittel **22** Prüfzylinder **22**, die insbesondere als Hydraulikzylinder **22** ausgebildet sind. Bei dem Ausführungsbeispiel hat die Prüfhydraulik **19** vier baugleiche Hydraulikzylinder **22** und vier Kraftmessgeräte **23**, von denen in der Figur aufgrund der Seitenansicht nur jeweils einer zu sehen ist. Jeweils ein Kraftmessgerät **23** ist einem Hydraulikzylinder **22** zugeordnet. Die Kraftmessgeräte **23** sind jeweils an einem der Hydraulikzylinder **22**, auf einer der Brücke **11** zugewandten Seite des Hydraulikzylinders **22**, zwischen dem Hydraulikzylinder **22** und der Brücke **11** angeordnet. Die Hydraulikzylinder **22** sind mittels Schlauchleitungen mit einer Pumpe in einem externen Messfahrzeug verbunden, die in der Figur nicht gezeigt sind.

[0039] Bei dem Ausführungsbeispiel ist ein Zustand gezeigt, bei dem die, dem Prüfmodul **10** benachbarte Achse **18** des Mobilkrans **12** vor dem Auflager **13** der Brücke **11** positioniert ist. Das Prüfmodul **10** ist in der Mitte der Wegstrecke des Überbaus **15** der Brücke **11** positioniert.

[0040] Der Nachweis der Belastungsfähigkeit an der Brücke **11** kleinerer Stützweite mit dem Prüfmodul **10** wird wie folgt durchgeführt:

[0041] Der Mobilkran **12** wird an den Einsatzort gefahren. Zunächst erfolgt die messtechnische Ausstattung der Brücke **11**. Zur Bestimmung der Bauwerksreaktionen wird die Brücke **11** mit Sensoren versehen, die in der Figur nicht gezeigt sind. Die Sensorpositionen und die Sensoren-Typen werden nach Analyse des Bauwerks individuell festgelegt. Laststellungen werden festgelegt. Laststellungen sind die Positionen auf der Brücke **11**, an denen die Brücke **11** mittels der Prüfhydraulik **19** mit der Testlast beaufschlagt wird. Bei dem Ausführungsbeispiel ist nur eine Laststellung **24** in der Mitte der Wegstrecke des Überbaus **15** der Brücke **11** mit einem Bezugszeichen versehen.

[0042] Das Prüfmodul **10** wird an dem Mobilkran **12** installiert. Messanlagen zur Erfassung der Bauwerksreaktionen sowie zur Steuerung und Überwachung der Prüfvorgänge sind in dem externen Messfahr-

zeug angeordnet. Wenn das Eigengewicht des Mobilkrans **12** nicht ausreichend ist, kann dieser mit einem Zusatzballast versehen werden.

[0043] Der Mobilkran **12** wird rückwärts bis zu einer ersten Laststellung an die Brücke **11** herangefahren, während die Messung von Zeit-Reaktions-Kurven erfolgt. Die erste Laststellung ist dann erreicht, wenn die Prüfhydraulik **19** vor einem ersten Widerlager **40** der Brücke **11** positioniert ist. Anschließend wird der Belastungsvorgang durchgeführt. Bei dieser ersten Laststellung vor dem ersten Widerlager **40** erfolgt der Belastungsvorgang zum Nachweis des Erddrucks auf das Widerlager als Last-Reaktions-Kurven. Indem die Last vor der Brücke **11** in den Boden eingebracht wird, drückt der Boden seitlich gegen die Brücke **11**. Die Last-Reaktions-Kurven werden unter mittels der Prüfhydraulik **19** kontrolliert erzeugter Last gemessen. Gleichzeitig erfolgt die Auswertung und Analyse der Bauwerksreaktion. Die Belastungsvorgänge werden in Zyklen durchgeführt. Der Prüfvorgang an sich ist bekannt, und wird hier nicht im Detail beschrieben. Die Bauwerksreaktionen werden in dem externen Messfahrzeug an einem Monitor dargestellt. Die Position des Mobilkrans **12** bleibt während der Belastungsversuche unverändert.

[0044] Nachdem die Tragfähigkeit der Brücke **11** für eine Laststellung erfolgreich nachgewiesen wurde, fährt der Mobilkran **12** rückwärts weiter, bis die dem Prüfmodul **10** benachbarte Achse **18** des Mobilkrans **12** die Position dieser Laststellung mit nachgewiesener Tragfähigkeit erreicht. Die Belastungsversuche werden in Schritten von ca. 0,50 m wiederholt. Je nach Abstand zwischen der dem Prüfmodul **10** benachbarten Achse **18** des Mobilkrans **12** und der Traverse **20** des Prüfmoduls **10** kann die Schrittweite variieren. Die Belastungsvorgänge werden jedoch mindestens an drei weiteren Laststellungen wiederholt: (1) auf dem ersten Auflager **13** der Brücke **11**, (2) nach einem viertel der Wegstrecke des Überbaus **15** der Brücke **11** und (3) in der Mitte der Wegstrecke des Überbaus **15** der Brücke **11**. Dabei sind die drei Laststellungen jeweils dann erreicht, wenn der Mobilkran **12** so weit vorgefahren ist, dass die Prüfhydraulik **19** auf der jeweiligen Laststellung positioniert ist.

[0045] Nach dem erfolgreichen Abschluss der Belastungsvorgänge kann eine Messung der Bauwerksreaktionen während der Überfahrt des Mobilkrans **12** erfolgen. Diese Messung dient zur Ermittlung von Einflusslinien. Eine Einflusslinie beschreibt den Einfluss einer Belastung an einem beliebigen Ort der Brücke auf eine an einem festgelegten Ort auftretende Zustandsgröße, wie beispielsweise eine Verschiebung oder eine andere Bauwerksreaktion, dargestellt durch eine mathematisch beschreibbare Kurve. Das Prüfmodul **10** kann anschließend abgebaut und die Ergebnisse ausgewertet werden.

[0046] **Fig. 2** zeigt eine schematische Seitenansicht einer weiteren Vorrichtung **25** mit den Erfindungsmerkmalen zum Prüfen der Belastungsfähigkeit eines Bauwerks **26**, beispielhaft angebracht zwischen zwei Prüffahrzeugen **27**, **28**. Bei dem Ausführungsbeispiel ist das Bauwerk **26** eine Brücke **26** größerer Stützweite, weshalb zwei Prüffahrzeuge **27**, **28** eingesetzt werden. Die Brücke **26** hat ein dem ersten Prüffahrzeug **27** zugewandtes erstes Auflager **29**, ein dem zweiten Prüffahrzeug **28** zugewandtes zweites Auflager **30** und einen Überbau **31**. Die Prüffahrzeuge **27**, **28** sind bei dem Ausführungsbeispiel als handelsübliche Mobilkräne **27**, **28** ausgebildet. Die Mobilkräne **27**, **28** haben an einem der Brücke **26** zugewandten rückseitigen Ende jeweils eine hintere hydraulische Abstützung **32** und an einem von der Brücke **26** abgewandten vorderen Ende eine Fahrerkabine **33**. Weiter haben die Mobilkräne **27**, **28** jeweils vier Achsen, von denen in der Figur zur besseren Übersicht nur jeweils eine, zu der hinteren hydraulischen Abstützung **32** benachbart angeordnete Achse **34** der Mobilkräne **27**, **28** mit einem Bezugszeichen versehen ist. Die Vorrichtung **25** ist als abnehmbare Prüfvorrichtung zwischen den Mobilkränen **27**, **28**, benachbart zu der Achse **34** des jeweiligen Mobilkrans **27**, **28** angeordnet. Bei dem Ausführungsbeispiel ist die Vorrichtung **25** als Prüfmodul **25** ausgebildet.

[0047] Das Prüfmodul **25** hat eine Prüfeinheit **35**, Träger **36** und entsprechend der Anzahl der Prüffahrzeuge **27**, **28** jeweils einen Träger **20** und einen Adapter **21**. Zur besseren Übersicht sind der Träger **20** und der Adapter **21** nur bei dem Mobilkran **27** mit einem Bezugszeichen versehen. Bei dem Ausführungsbeispiel ist die Prüfeinheit **35** als Prüfhydraulik **35** ausgebildet, die Träger **20** als Traversen **20**, insbesondere als Quertraversen, und die Adapter **21** als Adapterplatten **21**. Die Adapterplatten **21** sind jeweils an der hinteren hydraulischen Abstützung **32** der Mobilkräne **27**, **28**, und die Traversen **20** jeweils an der Adapterplatte **21** angeordnet.

[0048] Die Träger **36**, von denen aufgrund der Seitenansicht der Figur nur ein Träger **36** zu sehen ist, sind als Belastungsrahmen **36** ausgebildet und in Längsrichtung der Mobilkräne **27**, **28** ausgerichtet. Zwei Belastungsrahmen **36** sind zwischen den Mobilkränen **27**, **28** angeordnet und verbinden die Mobilkräne **27**, **28** miteinander. In die Belastungsrahmen **36** ist jeweils die Prüfhydraulik **35** integriert. Die Prüfhydraulik **35** hat Hubmittel **22**, die Prüfzylinder **22** haben, und Kraftmessgeräte **23**. Bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel hat die Prüfhydraulik **35** jeweils drei baugleiche, als Hydraulikzylinder **22** ausgebildete Prüfzylinder **22** und drei Kraftmessgeräte **23**. Zur besseren Übersicht ist in der Figur nur ein Kraftmessgerät **23** mit einem Bezugszeichen versehen. Bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel ist das Kraftmessgerät **23** an dem Hydraulikzylinder **22**, auf

einer der Brücke **26** zugewandten Seite des Hydraulikzylinders **22**, zwischen dem Hydraulikzylinder **22** und der Brücke **26** angeordnet. Die Hydraulikzylinder **22** sind mittels Schlauchleitungen mit einer Pumpe verbunden, welche in einem externen Messfahrzeug angeordnet ist, die in der Figur jeweils nicht gezeigt sind.

[0049] Bei dem Ausführungsbeispiel ist ein Zustand gezeigt, bei dem die Vorrichtung **25** zwischen den Mobilkränen **27**, **28** angeordnet ist. Die, dem Prüfmodul **25** benachbarte Achse **34** des ersten Mobilkrans **27**, ist vor dem ersten Auflager **29** der Brücke **26** positioniert, und die, dem Prüfmodul **25** benachbarte Achse **34** des zweiten Mobilkrans **28**, vor dem zweiten Auflager **30** der Brücke **26**. Die in die Belastungsrahmen **36** integrierte Prüfhydraulik **35** ist in der Mitte der Wegstrecke des Überbaus **31** der Brücke **26** positioniert. Bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel sind die drei Hydraulikzylinder **22** an einer Laststellung **37** positioniert.

[0050] Der Nachweis der Belastungsfähigkeit an der Brücke **26** großer Stützweite mit dem Prüfmodul **25** wird wie folgt durchgeführt:

[0051] Die Mobilkräne **27**, **28** werden an den Einsatzort gefahren. Analog zu dem zuvor beschriebenen Ablauf des Verfahrens mit einem Mobilkran **12**, erfolgt zunächst die messtechnische Ausstattung der Brücke **26**. Die Brücke **26** wird mit Sensoren versehen, die in der Figur nicht gezeigt sind. Die Sensorpositionen, die Sensoren-Typen und die Laststellungen werden nach Analyse des Bauwerks individuell festgelegt. Zur besseren Übersicht ist in der Figur nur die Laststellung **37** mit einem Bezugszeichen versehen.

[0052] Zunächst wird das in **Fig. 1** beschriebene Prüfmodul **10**, umfassend die Prüfhydraulik **19**, eine Traverse **20** und eine Adapterplatte **21**, wie in **Fig. 1** beschrieben jeweils an den Mobilkränen **27**, **28** installiert. Die Messanlagen zur Erfassung der Bauwerksreaktionen sowie zur Steuerung und Überwachung der Prüfvorgänge sind in dem externen Messfahrzeug angeordnet. Wenn das Eigengewicht der Mobilkräne **27**, **28** nicht ausreichend ist, können diese jeweils mit einem Zusatzballast versehen werden.

[0053] Die Mobilkräne **27**, **28** werden rückwärts jeweils bis zu einer ersten Laststellung an die Brücke **26** herangefahren, während die Messung von Zeit-Reaktions-Kurven erfolgt. Die erste Laststellung ist dann erreicht, wenn die Prüfhydraulik **19** des Mobilkrans **27** vor einem ersten Widerlager **40**, und wenn die Prüfhydraulik **19** des Mobilkrans **28** vor einem zweiten Widerlager **41** der Brücke **11** positioniert ist. Anschließend wird der Belastungsvorgang durchgeführt. Bei diesen ersten Laststellungen vor dem ersten und zweiten Widerlager **40**, **41** erfolgt der Belastungsvorgang zum Nachweis des Erddrucks auf das Widerlager als Last-Reaktions-Kurven. Indem die Last vor der Brücke **11** in den Boden eingebracht wird, drückt der Boden seitlich gegen die Brücke **11**. Die Last-Reaktions-Kurven werden unter mittels der Prüfhydraulik **19** kontrolliert erzeugter Last gemessen. Gleichzeitig erfolgt die Auswertung und Analyse der Bauwerksreaktion. Die Belastungsversuche werden in Zyklen durchgeführt. Der Prüfvorgang an sich ist bekannt und wird hier nicht im Detail beschrieben. Die Bauwerksreaktionen werden in dem externen Messfahrzeug an einem Monitor dargestellt. Die Positionen der Mobilkräne **27**, **28** bleiben während der Belastungsversuche unverändert.

[0054] Nachdem die Tragfähigkeit der Brücke **26** für die Laststellungen erfolgreich nachgewiesen wurde, fahren die Mobilkräne **27**, **28** rückwärts weiter, bis jeweils die, dem Prüfmodul **10** benachbarte Achse **34** der Mobilkräne **27**, **28** die Position dieser Laststellungen mit nachgewiesener Tragfähigkeit erreicht. Im nächsten Schritt erfolgt ein Rückbau der Prüfhydraulik **19**. Die Adapterplatte **21** und die Traverse **20** verbleiben jeweils als Verankerungspunkt an den Mobilkränen **27**, **28**.

[0055] Anschließend werden die verbleibenden Teile des Prüfmoduls **25** umfassend die Belastungsrahmen **36** und die Prüfhydraulik **35** an den Mobilkränen **27**, **28** installiert. Die Mobilkräne **27**, **28** werden mittels zwei Belastungsrahmen **36** miteinander verbunden, von denen in der Figur aufgrund der Seitenansicht nur ein Belastungsrahmen **36** zu sehen ist. Die Belastungsrahmen **36** sind in Längsrichtung parallel zueinander angeordnet. Die Verbindung der Mobilkräne **27**, **28** mittels der Belastungsrahmen **36** erfolgt über die jeweils noch an der hinteren hydraulischen Abstützung **32** der Mobilkräne **27**, **28** angebrachten Traversen **20**. Ein erstes Ende **38** jeweils eines Belastungsrahmens **36** ist an der, an dem ersten Mobilkran **27** angeordneten Traverse **20** angeordnet. Ein von dem ersten Ende **38** eines Belastungsrahmens **36** abgewandtes zweites Ende **39** jeweils eines Belastungsrahmens **36** ist an der an dem zweiten Mobilkran **28** angeordneten Traverse **20** angeordnet. Die Prüfhydraulik **35** umfassend die Hydraulikzylinder **22** und die Kraftmessgeräte **23** wird jeweils an den Belastungsrahmen **36** angeordnet.

[0056] Die Belastungsvorgänge werden an weiteren Laststellungen durchgeführt und die jeweiligen Last-Reaktions-Kurven gemessen. Die Position der Mobilkräne **27**, **28** bleibt dabei unverändert. Um die Belastungsvorgange an unterschiedlichen Laststellungen durchführen zu können, wird die Positionierung der Prüfhydraulik **35** an den Belastungsrahmen **36** nach jeder Messung verändert. Wie in dem in **Fig. 1** beschriebenen Verfahren, werden die Belastungsvorgänge an mindestens drei weiteren Laststellungen vorgenommen: (**1**) auf dem ersten Auflager **29** der Brücke **26**, (2) nach einem Viertel der Wegstrecke

des Überbaus **31** der Brücke **26** und (**3**) in der Mitte der Wegstrecke des Überbaus **31** der Brücke **26**.

[0057] Nach dem erfolgreichen Abschluss der Belastungsvorgänge werden die Prüfhydraulik **35**, die Belastungsrahmen **36** und die an den Mobilkränen **27**, **28** verbliebenen Traversen **20** und Adapterplatten **21** abgebaut. Analog zu dem in **Fig. 1** beschriebenen Verfahren kann abschließend eine Messung der Bauwerksreaktionen während der Überfahrt von einem der Mobilkräne **27**, **28** durchgeführt werden. Diese Messung dient zur Ermittlung der Einflusslinien.

Bezugszeichenliste

10 Prüfmodul
11 Brücke
12 Mobilkran
13 erstes Auflager
14 zweites Auflager
15 Überbau
16 hintere hydraulische Abstützung
17 Fahrerkabine
18 Achse
19 Prüfhydraulik
20 Traverse
21 Adapterplatte
22 Hydraulikzylinder
23 Kraftmessgerät
24 Laststellung
25 Prüfmodul
26 Brücke
27 Mobilkran
28 Mobilkran
29 erstes Auflager
30 zweites Auflager
31 Überbau
32 hintere hydraulische Abstützung
33 Fahrerkabine
34 Achse
35 Prüfhydraulik
36 Belastungsrahmen
37 Laststellung
38 erstes Ende
39 zweites Ende
40 erstes Widerlager
41 zweites Widerlager

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 102004014246 A1 [0004]
- DE 19925269 A1 [0006]

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Prüfen der Belastungsfähigkeit eines Bauwerks (11, 26), insbesondere einer Brücke, mittels Beaufschlagen mit mindestens einer definierten Testlast, mit einer Prüfeinheit (19, 35), welche Hubmittel (22) hat, und mit einem Kraftmessgerät (23), **gekennzeichnet durch** einen modularen Aufbau, einen Träger (20) und Befestigungsmittel (21) zum abnehmbaren Anbringen des Trägers (20) an einem Prüffahrzeug (12, 27, 28).

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Prüfeinheit (19, 35) mindestens ein, den Hubmitteln (22) zugeordnetes Kraftmessgerät (23) hat und/oder dass die Hubmittel (22) der Prüfeinheit (19, 35) mindestens einen Prüfzylinder (22) aufweisen, wobei vorzugsweise jeweils zwei Prüfzylinder (22) an einer Unterseite des Trägers (20) und sich zum Boden hin erstreckend, nebeneinander, insbesondere quer zur Längsrichtung des Trägers (20) benachbart zueinander, angeordnet sind.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Prüfzylinder (22) als Hydraulikzylinder (22) ausgebildet ist, wobei der Hydraulikzylinder (22) insbesondere mittels einer Schlauchleitung mit einer Pumpe verbunden ist, die insbesondere in einem externen Messfahrzeug angeordnet ist.

4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Befestigungsmittel (21) einen, vorzugsweise als Adapterplatte (21) ausgebildeten Adapter (21), insbesondere zum abnehmbaren Anbringen des Trägers (20) an einem Mobilkran (12, 27, 28) oder einem Sattelauflieger, haben.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Adapter (21) zum abnehmbaren Anbringen des Trägers (20) an einer hydraulischen Abstützung, insbesondere an einer von einer Fahrerkabine (17, 33) abgewandten hinteren hydraulischen Abstützung (16, 32) des Mobilkrans (12, 27, 28) oder des Sattelaufliegers, ausgebildet ist.

6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Träger (20) als Traverse (20) ausgebildet ist, die insbesondere quer zur Längsachse des Prüffahrzeugs (12, 27, 28) ausgerichtet ist und/oder dass der Träger (20) als Belastungsrahmen (36) ausgebildet ist, der insbesondere in Längsrichtung des Prüffahrzeugs (12, 27, 28) ausgerichtet ist.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein, vorzugsweise zwei, Belastungsrahmen (36) zum Verbinden von mindestens zwei Prüffahrzeugen (12, 27, 28) ausgebildet sind und/oder Hubmittel (22) und mindestens ein Kraftmessgerät (23) an einem Belastungsrahmen (36) angeordnet sind, wobei vorzugsweise die Positionierung der Hubmittel (22) und des Kraftmessgeräts (23) an dem Belastungsrahmen (36) veränderbar sind.

8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** eine Steuerung zum Steuern und/oder Überwachen der Prüfung der Belastungsfähigkeit des Bauwerks (11, 26), die insbesondere in einem externen Messfahrzeug angeordnet ist.

9. Verfahren zum Prüfen der Belastungsfähigkeit eines Bauwerks (11, 26), insbesondere einer Brücke, bei dem das Bauwerk (11, 26) mittels einer an einem Prüffahrzeug (12, 27, 28) angeordneten Prüfeinheit (19, 35), welche Hubmittel (22) hat, mit mindestens einer definierten Testlast beaufschlagt wird, und bei dem die Reaktion des Bauwerks (11, 26) mittels Sensoren erfasst wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Beaufschlagen mit der definierten Testlast mit einem an dem Prüffahrzeug (12, 27, 28) angebrachten modular abnehmbaren Prüfmodul (10, 25), insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, durchgeführt wird, das die Prüfeinheit (19, 35) aufweist.

10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Prüffahrzeug (12, 27, 28) ein Mobilkran (12, 27, 28) oder ein Sattelauflieger genutzt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine hydraulische Abstützung, insbesondere eine von einer Fahrerkabine (17, 33) abgewandte hintere hydraulische Abstützung (16, 32) des Prüffahrzeugs (12, 27, 28) zum Anordnen des abnehmbaren Prüfmoduls (10, 25) genutzt wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Sensortypen und/oder die Sensorpositionen entsprechend dem jeweiligen Bauwerk (11, 26) ausgewählt werden.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die definierte Testlast mittels mindestens eines Kraftmessgeräts (23) eingestellt wird.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Prüfen der Belastungsfähigkeit des Bauwerks (11, 26) vor einem Widerlager (40, 41) des Bauwerks (11, 26) erfolgt und für definierte Laststellungen auf dem Bauwerk (11, 26) wiederholt wird, vorzugsweise in Schritten von ca. 0,50 m und/oder an mindestens drei weiteren Laststellungen, insbesondere an einem Auflager (13, 29) des Bauwerks (11, 26), nach einem Viertel einer Weglänge eines Überbaus (15, 31) und/oder in der

Mitte der Weglänge des Überbaus (15, 31) des Bauwerks (11, 26), wobei vorzugsweise das Prüffahrzeug (12, 27, 28) schrittweise das Prüfmodul (10) voraus über das Bauwerk (11, 26) bewegt wird.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens ein weiteres Prüffahrzeug (12, 27, 28) verwendet wird.

16. Verfahren nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens ein, vorzugsweise zwei, in Längsrichtung parallel zueinander und/oder zwischen mindestens zwei Prüffahrzeugen (12, 27, 28) angeordnete, insbesondere als Belastungsrahmen (36) ausgebildete Träger (20) genutzt werden, um jeweils Hubmittel (22) und mindestens ein Kraftmessgerät (23), insbesondere in ihrer Positionierung veränderbar, bereitzustellen.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine, insbesondere in einem externen Messfahrzeug angeordnete Pumpe die mindestens einen Prüfzylinder (22), der insbesondere als Hydraulikzylinder (22) ausgebildet ist, aufweisenden Hubmittel (22) mittels einer Schlauchleitung mit einer Hydraulikflüssigkeit versorgt.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Prüfen der Belastungsfähigkeit des Bauwerks (11, 26) mittels einer, insbesondere in einem externen Messfahrzeug angeordneten Steuerung gesteuert und/oder überwacht wird.

19. Verwendung eines abnehmbaren Prüfmoduls (10, 25), insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 8, zum Prüfen der Belastungsfähigkeit von Bauwerken (11, 26), insbesondere nach einem Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 18.

20. System aus einem Prüffahrzeug (12, 27, 28) und einem abnehmbaren Prüfmodul (10, 25), insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 8, zum Prüfen der Belastungsfähigkeit von Bauwerken (11, 26), insbesondere nach einem Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 18.

21. System nach Anspruch 20, **gekennzeichnet durch** ein externes Messfahrzeug, welches eine Steuerung zum Steuern und/oder Überwachen des Prüfvorgangs und/oder eine Pumpe zur Versorgung der mindestens einen Prüfzylinder (22), der insbesondere als Hydraulikzylinder (22) ausgebildet ist, aufweisenden Hubmittel (22) mit einer Hydraulikflüssigkeit hat, wobei der Hydraulikzylinder (22) mittels einer Schlauchleitung mit der Pumpe verbindbar ist.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

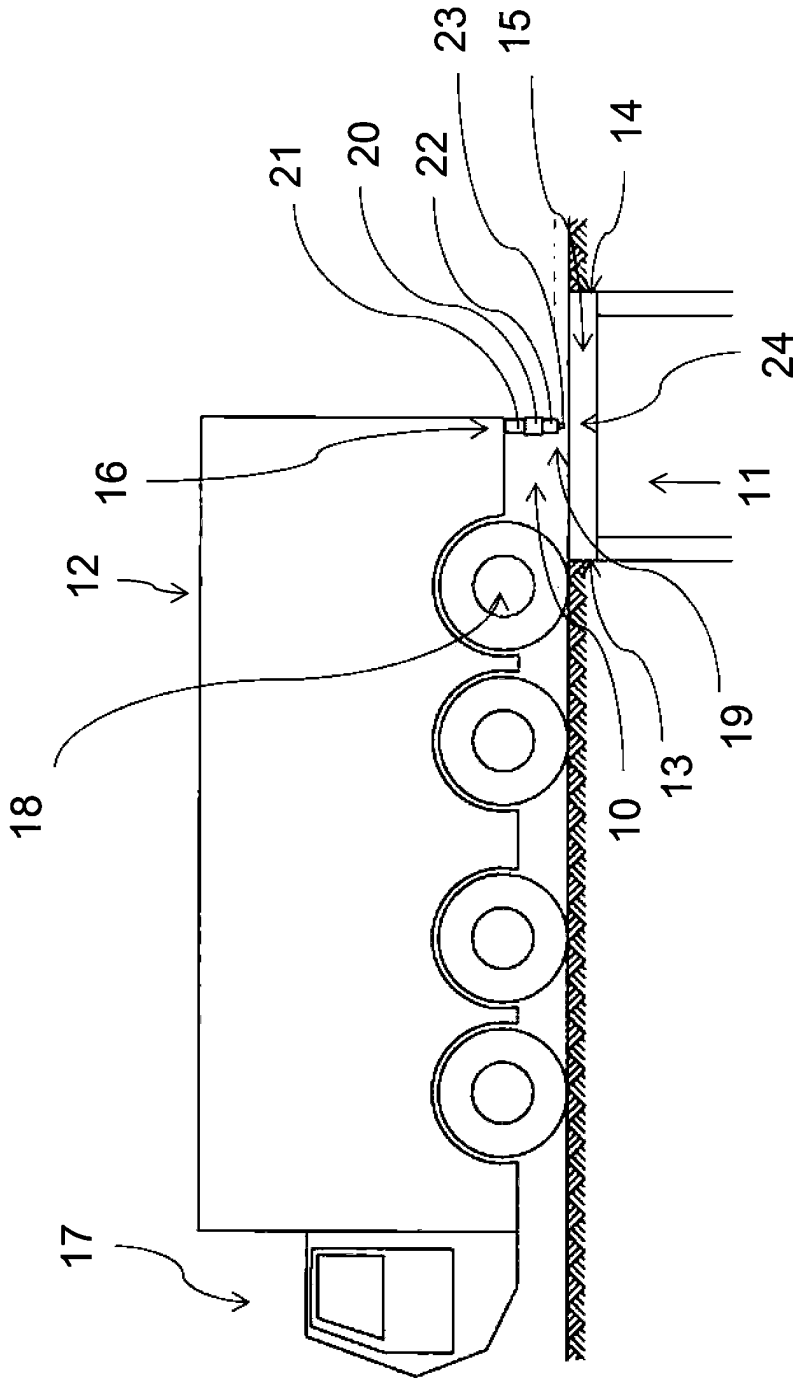


Fig. 1

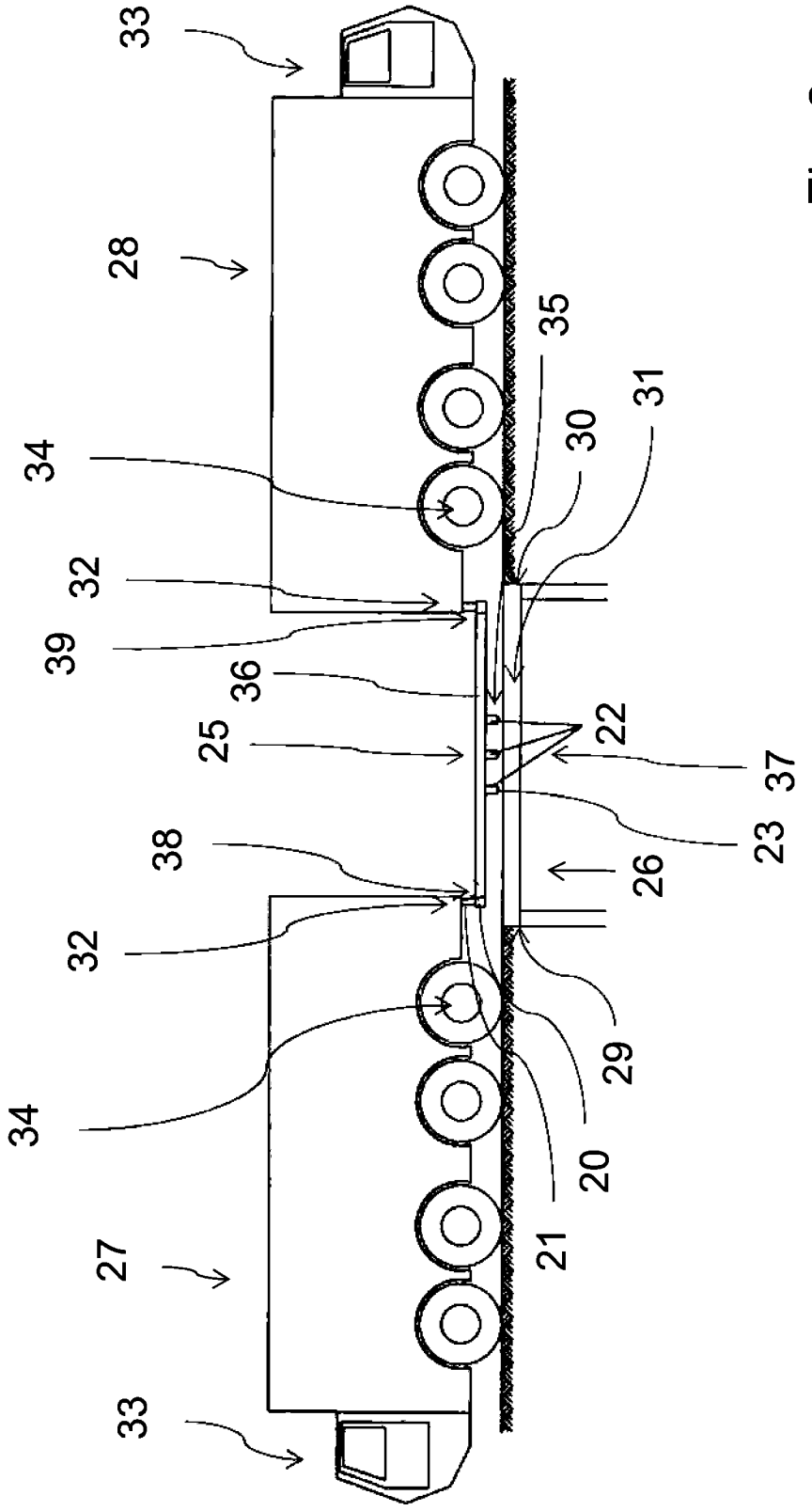


Fig. 2