

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 398 292 A1

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
17.03.2004 Patentblatt 2004/12

(51) Int Cl. 7: B66F 7/28, B66F 9/075

(21) Anmeldenummer: 03019590.3

(22) Anmeldetag: 03.09.2003

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR  
HU IE IT LI LU MC NL PT RO SE SI SK TR  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
AL LT LV MK

(30) Priorität: 13.09.2002 DE 10242672

(71) Anmelder: MAHA Maschinenbau Haldenwang  
GmbH & Co. KG  
87490 Haldenwang (DE)

(72) Erfinder: Knestel, Anton  
87496 Hopferbach (DE)

(74) Vertreter: Beetz & Partner Patentanwälte  
Steinsdorfstrasse 10  
80538 München (DE)

### (54) Steuervorrichtung für Hebebühnen

(57) Die Erfindung betrifft eine Steuervorrichtung für Hebebühnen, die eine Hubhöhe  $h$  der Hebebühne erfaßt und gemäß einer vorgegebenen Soll-Höhe  $H_0$  einstellt. Die Steuervorrichtung weist einen Ultraschallsender (1), einen Ultraschallempfänger (2), eine Auswerte-

vorrichtung (3), die anhand der Signale von Sender (1) und Empfänger (2) die Hubhöhe  $h$  der Hebebühne (10) ermittelt, mindestens eine Verstelleinrichtung (5) zum Anheben bzw. Absenken der Hebebühne (10) und eine Steuereinheit (4) auf, welche die Verstelleinrichtung (5) auf der Grundlage der ermittelten Hubhöhe  $h$  ansteuert.

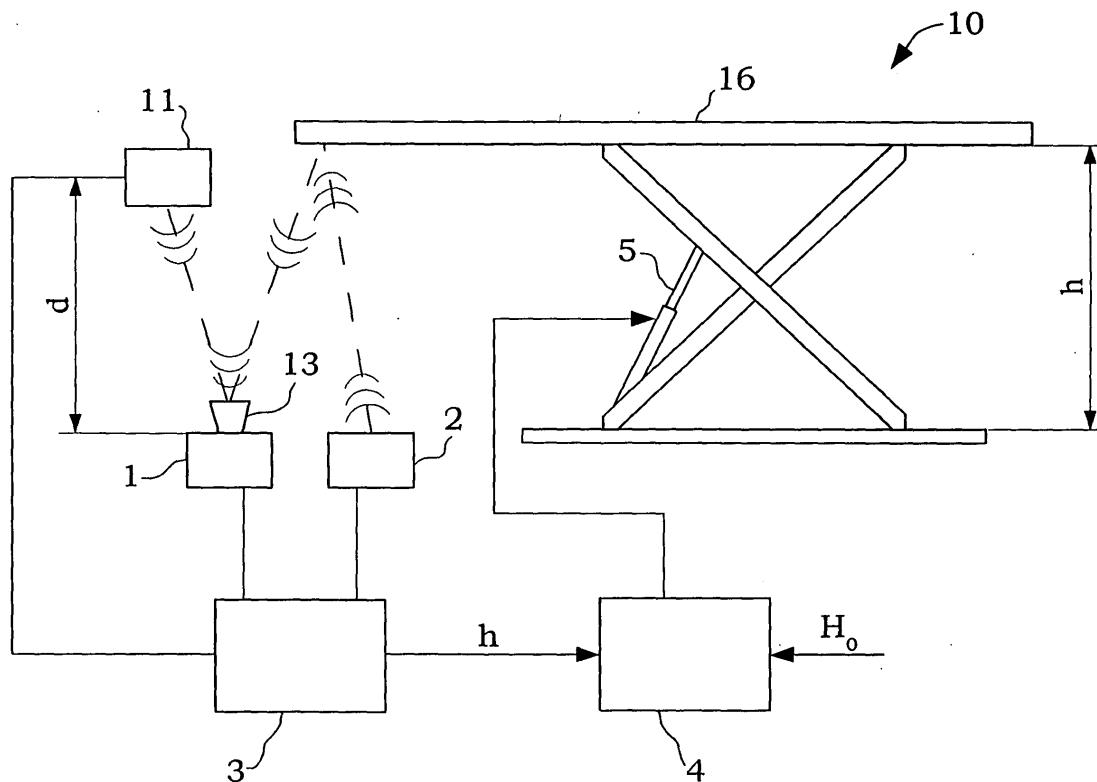


Fig. 1

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Steuervorrichtung für Hebebühnen, die eine Hubhöhe  $h$  der Hebebühne erfaßt und gemäß einer vorgegebenen Soll-Höhe  $H_0$  einstellt.

**[0002]** Hebebühnen, insbesondere für Fahrzeuge, besitzen in der Regel eine oder mehrere Hubeinheiten zum Anheben oder Absenken einer Plattform, auf welcher der anzuhebende Gegenstand aufsteht. Bekannte Hubeinheiten sind beispielsweise Stempel- oder Scherenhubwerke.

**[0003]** Ein anzuhebendes Fahrzeug wird auf eine ein- oder mehrteilige Plattform der Hebebühne (Fahrfläche) aufgefahren, die zum Arbeiten am Fahrzeug von der bzw. den Hubeinheiten angehoben wird. Das Fahrzeug kann auch von einem Tragwerk angehoben werden, wobei ein oder mehrere Tragarme unter das Fahrzeug greifen und dieses anheben. Bei einigen Hebebühnen ist für jede Achse bzw. jedes Rad des anzuhebenden Fahrzeugs eine separate Hubeinheit vorgesehen.

**[0004]** Um den anzuhebenden Körper auf eine vorgegebene Hubhöhe zu heben, ist es erforderlich, die Höhe der Plattform bzw. des Tragwerks zu erfassen. Bei bekannten Meßvorrichtungen zur Erfassung der Hubhöhe werden mechanische oder optische Wegmarken von einem entsprechenden Sensor erfaßt und ausgewertet. Die Hubhöhe kann dann anhand der Anzahl der den Sensor passierenden Wegmarken ermittelt werden. Dieses Verfahren der inkrementalen Wegmessung hat jedoch den Nachteil, daß bei einer großen Hubhöhe eine Vielzahl von gleichmäßig angeordneten Wegmarken auf einer großen Strecke angebracht sein müssen, wodurch der Herstellungsaufwand und die Produktionskosten für die Hebebühne steigen. Weiterhin wird die maximale Auflösung der Wegmeßvorrichtung durch den Abstand der Wegmarken bestimmt. Wird die Meßstrecke durch mechanische Hebelwerke, Hebelarme oder Seilzüge reduziert, so verringert sich auch die Wegauflösung der Meßvorrichtung.

**[0005]** In der EP 0 866 306 wird eine Vorrichtung zur Wegmessung beschrieben, bei der ein Reibrad auf einer Zylinderkolbenstange abrollt. Bei dieser nicht formschlüssigen Wegmessung kann es jedoch bei Verschmutzung zu Schlupfproblemen kommen, insbesondere auf einer glatten, ölichen Zylinderstange eines Hubzylinders.

**[0006]** Insbesondere zur Achsvermessung von Fahrzeugen ist eine genaue Positionierung der einzelnen Fahrflächen bzw. Tragwerke mit einer maximalen Abweichung von unter 1 mm erforderlich. Für eine entsprechende Ansteuerung bzw. Regelung der Hubeinheiten ist hierzu eine präzise Messung der Hubhöhe notwendig. Dies kann mit den bekannten Vorrichtungen zur Wegmessung und Steuerung der Hebebühne nicht mit ausreichender Genauigkeit erreicht werden.

**[0007]** Bei Hebebühnen mit mehreren separaten Hubeinheiten besteht zudem das Problem, die einzelnen

Hubeinheiten zu synchronisieren. Dies erfolgt bei bekannten Hebebühnen über eine mechanische Verbindung zwischen den Hubeinheiten, den Plattformen und/oder den Tragwerken. Beispielsweise werden Tragwerke über eine Zahnstange und eine Welle "zwangssynchronisiert". Eine andere Möglichkeit ist ein längenverschiebbarer Querbalken mit dem die Hubwerke "höhensteif" verbunden werden.

**[0008]** Bei hydraulischen Hubwerken mit zwei Hubzylindern ist aus der DE 35 15 762 ein sogenanntes Geber/Nehmer-System bekannt. Die Hubzylinder sind so ausgelegt, daß das Volumen im Stangenraum des einen Zylinders dem Volumen des Kolbenraums im zweiten Zylinder entspricht. Durch diese Anordnung werden die Bewegungen der Kolbenstangen der beiden Hubzylinder hydraulisch synchronisiert. Ein unabhängiges Verfahren der Kolbenstangen der beiden Hubzylinder ist jedoch nicht mehr möglich.

**[0009]** Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Steuervorrichtung für Hebebühnen zu schaffen, die ein einfaches und genaues Erfassen und Steuern der Hubhöhe der Hebebühne ermöglicht.

**[0010]** Diese Aufgabe wird durch den unabhängigen Patentanspruch gelöst. Die abhängigen Patentansprüche betreffen vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung.

**[0011]** Die erfindungsgemäße Steuervorrichtung weist zumindest einen Ultraschallsender zum Aussen-den von Ultraschallwellen und zumindest einen Ultraschallempfänger auf. Eine Auswertevorrichtung ermittelt anhand der Signale von Sender und Empfänger die Hubhöhe  $h$  der Hebebühne. Eine Ultraschallwegmessung zur Ermittlung der Hubhöhe  $h$  ist berührungslos, wartungsfrei, für größere Hubhöhen geeignet, störungsanfällig gegenüber Verschmutzungen und kostengünstig. Die Ultraschallwegmessung ermöglicht eine präzise Ermittlung der Hubhöhe  $h$ . Im Gegensatz zu einem optischen oder magnetischen Abtastsystem sind Aufwand und Kosten unabhängig vom Verfahr- bzw. Abtastweg.

**[0012]** Die Steuervorrichtung kann mindestens eine Verstelleinrichtung zum Anheben bzw. Absenken der Hebebühne und eine Steuereinheit zum Ansteuern der Verstelleinrichtung auf der Grundlage der ermittelten Hubhöhe  $h$  aufweisen. Eine derartige Steuervorrichtung ermöglicht eine präzise Einstellung der gewünschten Hubhöhe  $H_0$  über einen weiten Bereich von wenigen Zentimetern bis zu mehreren Metern.

**[0013]** Die erfindungsgemäße Steuervorrichtung kann beispielsweise zur Ansteuerung von Kraftfahrzeughebebühnen, höhenverstellbaren Arbeitsplattformen, insbesondere zum Durchführen von Arbeiten an Bauwerken, und fahrbaren höhenverstellbaren Arbeitsgeräten, insbesondere zum Transport von Containern oder ähnlichem, herangezogen werden. Aufgrund der sehr genauen Ermittlung der Hubhöhe durch die Ultraschallmessung kann die Steuervorrichtung zum präzisen Einstellen der Höhe einer Plattform zum Be-

Entladen von Fahrzeugen, Schiffen oder Flugzeugen verwendet werden.

**[0014]** Um die Hebebühne auf die gewünschte Soll-Höhe  $H_0$  einzustellen, ist es zweckmäßig, daß die Steuereinheit die ermittelte Hubhöhe  $h$  mit der vorgegebenen Soll-Höhe  $H_0$  zu vergleicht und die Verstelleinrichtung der Hebebühne in Abhängigkeit von dem Vergleichsergebnis ansteuert. Die Steuereinheit kann dazu einen an sich bekannten Regler mit einer vorgegebenen Regelcharakteristik und/oder einen Leistungsverstärker zum Ansteuern der Verstelleinrichtung oder eines Hydraulikaggregats, das einen Fluiddruck zum Betreiben der Verstelleinrichtung erzeugt, aufweisen.

**[0015]** Der Sender kann Ultraschallimpulse einer vorgegebenen Zeitdauer aussenden und die Auswertevorrichtung eine Schallaufzeit  $T$  der Ultraschallimpulse vom Sender zum Empfänger bestimmen. Durch die Messung der Zeit, die eine Schallwelle benötigt, um vom Sender zum Empfänger zu gelangen, kann die Auswertevorrichtung unter Berücksichtigung der Schallgeschwindigkeit  $c$  den zurückgelegten Weg der Schallwelle bestimmen. Aufgrund der bekannten Anordnung von Sender und Empfänger kann die Auswertevorrichtung die Hubhöhe  $h$  der Hebebühne errechnen. Da die Signalenergie eines Ultraschallimpulses von der Dauer des Impulses abhängt, ist die Länge des Ultraschallimpulses so zu wählen, daß eine ausreichend sichere Detektion des Impulses durch den Empfänger gewährleistet ist.

**[0016]** Zur Ermittlung der Schallaufzeit ist es deshalb zweckmäßig, wenn der Sender einen Ultraschallimpuls (burst) einer bestimmten Länge, z.B. 1 ms, aussendet. Der Empfänger erfaßt den emittierten Ultraschallimpuls, nachdem er die Strecke von Sender zu Empfänger zurückgelegt hat. Die Auswertevorrichtung kann die Zeitverzögerung  $T$  zwischen dem Senden und dem Empfangen des Ultraschallimpulses durch beispielsweise eine elektronische Schaltung mit einem vom Sendersignal  $S$  getriggerten Zähler ermitteln. Der Zähler zählt die Zählimpulse eines Taktgebers, bis das Empfangssignal  $E$  die Schwelle eines Schmitt-Triggers überschritten hat. Diese Laufzeitmessung kann periodisch, beispielsweise alle 10 oder 100 ms, wiederholt werden.

**[0017]** Der Ultraschallsender kann vorteilhafterweise mit digitalen Steuersignalen zum Senden von digitalen Ultraschallsignalen angesteuert werden. Die Auswertevorrichtung kann fortlaufend unterscheidbare digitale Codewörter erzeugen, die in Form von Impulsfolgen vom Sender gesendet werden. Die einzelnen Codewörter können zufällig oder nach einem vorgegebenen Schema erzeugt werden. Es ist besonders vorteilhaft, optimal zu diskriminierende Codewörter zu erzeugen, die beispielsweise einen maximalen (Hemming-) Abstand von einem Codewort zum nächsten Codewort aufweisen oder die orthogonal zueinander sind. Die digitalen Codewörter werden vom Sender zum Empfänger übertragen und treffen dort mit einer Zeitverzögerung  $T$  ein.

**[0018]** Die Auswertevorrichtung kann zweckmäßigerweise eine Korrelationseinrichtung aufweisen, welche die Zeitverzögerung  $T$  zwischen dem Aussenden eines Codeworts und dem Empfangen des Codeworts ermittelt. Die Korrelationseinrichtung kann dazu einen digitalen Korrelator aufweisen, der die Übereinstimmung von Binärsignalen ermittelt. Diese geschieht vorzugsweise durch die Verschiebung eines der beiden Signale in einem Schieberegister und der Erfassung der Signalübereinstimmung. Durch das Maximum dieser digitalen Kreuzkorrelationsfunktion zwischen gesendetem Codewort und empfangenem Signal kann die Signallaufzeit mit einer zeitlichen Auflösung von einer Taktperiode ermittelt werden. Beispielsweise kann so bei einer Senderfrequenz von 40 kHz eine Wegaauflösung von 8,25 mm erzielt werden. Durch die Auswertung der digitalen Signalkorrelation ist die Laufzeitmessung unempfindlich gegen Störungen. Einzelne Bitfehler in der Signalübertragung verringern zwar die Signalübereinstimmung zwischen gesendetem und empfangenem Signal und verringern den Absolutwert des Maximums der Korrelationsfunktion. Die Lage des Maximums kann jedoch weiter ermittelt werden. Durch eine geeignete Auswahl der aufeinanderfolgenden Codewörter können diese auch bei mehreren Bitfehlern noch sicher von der Korrelationseinrichtung detektiert werden. Durch die Laufzeitmessung mittels digitaler Sendesignale kann eine kontinuierliche Ermittlung der Signalverzögerung  $T$  von Sender zu Empfänger und eine entsprechend fortlaufende Ermittlung der Hubhöhe der Hebebühne erzielt werden.

**[0019]** Die Codelänge wird zweckmäßigerweise so gewählt, daß eine Detektion mit ausreichender Sicherheit gewährleistet ist. Längere Codewörter haben den Vorteil, daß sie aufgrund der größeren Anzahl von Bits einfacher zu diskriminieren sind und in ihren Signalen eine größere Energie aufweisen, wodurch die Detektionsunsicherheit des Empfängers erhöht werden kann.

**[0020]** Zweckmäßigerweise kann in der Auswertevorrichtung eine Phasenauswerteeinrichtung zur Bestimmung der Phasenbeziehung zwischen dem Sendersignal  $S$  und dem Empfängersignal  $E$  vorgesehen sein. Dies kann beispielsweise durch eine Messung der Zeit zwischen einer Flanke des Sendersignals  $S$  und einer Flanke des Empfängersignals  $E$  geschehen. Durch das Erfassen einer Änderung dieser Phasenbeziehung kann eine Änderung des Abstands zwischen Sender und Empfänger bestimmt werden. Zur Erfassung der Relativbewegung zwischen Sender und Empfänger vergleicht die Phasenauswerteeinrichtung das Anregungssignal  $S$  des Senders mit dem vom Empfänger erfaßten Signal  $E$  und ermittelt die Phasenbeziehung zwischen diesen im allgemeinen periodischen Signalen. Die Auswertung der Phasenbeziehung hat den Vorteil, daß sich Sender und Empfänger in einem stationären Dauerbetrieb befinden können, wodurch ein An- und Abschwellen der Schwingungen von Sender und Empfänger am Anfang und Ende eines Impulses verhindert werden

kann und die Meßgenauigkeit sich erhöht. Die maximale Auflösung der Wegmessung wird im wesentlichen durch die Genauigkeit der Phasenauswertung, d.h. durch eine Zeitmessung, bestimmt. Da Zeitmessungen mit sehr hohen Genauigkeiten möglich sind, kann auch die Hubhöhe  $h$  präzise bestimmt werden

**[0021]** Es ist erfungungsgemäß auch möglich, die Amplitude der emittierten Schallwellen zu modulieren und die Schallaufzeit sowie die Phasenbeziehung zur Wegmessung zu nutzen. Durch die Amplitudenmodulation kann, ähnlich wie beim Aussenden von Ultraschallimpulsen, die absolute Schallaufzeit  $T$  vom Sender zum Empfänger ermittelt werden. Dies kann beispielsweise durch die Auswertung der Kreuzkorrelationsfunktion zwischen dem Sendersignal  $S$  und dem Empfängersignal  $E$  erfolgen. Aus dem Maximum der Kreuzkorrelationsfunktion kann die Zeitverzögerung zwischen diesen beiden Signalen bestimmt werden.

**[0022]** Weiterhin kann auch die Schallaufzeitbestimmung durch eine digitale Sendeimpulsfolge mit der Auswertung der Phasenbeziehung zwischen Sendersignal  $S$  und Empfängersignal  $E$  kombiniert werden. Durch die Kombination von absoluter und inkrementaler Wegmessung können die Vorteile beider Verfahren genutzt werden. Die absolute Wegmessung ermöglicht es, zu jedem Zeitpunkt den Abstand zwischen Sender und Empfänger zu ermitteln, unabhängig von etwaigen Störungen, die beispielsweise die Schallausbreitung zwischen Sender und Empfänger kurzfristig behindern. Um die maximale Auflösung der absoluten Wegmessung, die durch die Wellenlänge der Ultraschallwellen bzw. der Zeit, die zum Aussenden eines Ultraschallimpulses oder einer digitalen Sendeimpulsfolge benötigt wird, bestimmt wird, zu erhöhen, kann zusätzlich die Phasenbeziehung zwischen Sendersignal  $S$  und Empfängersignal  $E$  ausgewertet werden.

**[0023]** Zur Messung der Zeit zwischen steigender Flanke des Sendersignals  $S$  und steigender Flanke des Empfängersignals  $E$  weist die Phasenauswerteeinrichtung zweckmäßigerweise eine Torschaltung auf, die bei einer steigenden Flanke des Sendersignals  $S$  öffnet und bei einer steigenden Flanke des Empfängersignals  $E$  schließt. Es ist vorteilhaft, die Signale des Senders und des Empfängers zuvor über Komparatoren (Schmitt-Trigger) in Rechtecksignale zu wandeln. Eine derartige Torschaltung kann beispielsweise durch entsprechende logische Gatter und ein Flip-Flop realisiert werden. Statt den steigenden Flanken kann die Phasenauswertung auch bei fallenden Flanken erfolgen. Bei Öffnung des Tors gelangen die Zählimpulse eines Taktgebers zu einem Zähler, der die eingehenden Zählimpulse zählt. Die Phasenbeziehung zwischen Sendesignal  $S$  und Empfängersignal  $E$  ergibt sich aus dem Zählerstand  $Z$  des Zählers und der Taktrate  $TR$  des Taktgebers. Die zeitliche Auflösung der Phasenauswerteeinrichtung kann aus dem Verhältnis von Taktrate  $TR$  des Taktgebers zur Sendefrequenz  $f$  des Senders ermittelt werden. Dieses Verhältnis  $TR/f$  bestimmt auch den maximalen Zähler-

stand, d.h. den Zählerstand der bei einer Phasenbeziehung von  $360^\circ$  zwischen den Signalen  $S$  und  $E$  auftritt.

**[0024]** Der Zähler kann bis zu einer vorgegebene Anzahl von Zählimpulsen  $N$  zählen und beim nächsten eingehenden Zählimpuls auf einen bestimmten Wert zurückgesetzt werden. Es ist besonders vorteilhaft, wenn der Zähler bei der durch das Verhältnis von Taktrate zu Senderfrequenz  $TR/f$  bestimmten Anzahl von Zählimpulsen zurückgesetzt wird. Der Zähler kann beispielsweise bis zu dieser Anzahl  $N$  eingehende Impulse addieren und beim nächsten Impuls auf Null zurückgesetzt werden, oder er startet bei  $N$  Zählimpulsen und subtrahiert eingehende Impulse, bis der Zählerstand  $Z$  Null erreicht.

**[0025]** Da sich bei einer Änderung des Abstands zwischen Sender und Empfänger die Phasenbeziehung zwischen den Signalen  $S$  und  $E$  ändert, kann die Auswertevorrichtung die Hubhöhe  $h$  anhand des Zählerstands  $Z$  und der Anzahl  $R$  der Rücksetzungen des Zählers ermitteln.

Bei einer Zunahme des Abstands zwischen Sender und Empfänger nimmt die Phasenverschiebung zwischen  $S$  und  $E$  und somit der Zählerstand  $Z$  zu, bis bei einer Abstandsänderung von einer Wellenlänge  $\lambda$  des Sendersignals ein Phasensprung erfolgt. Dieser Phasensprung wird von der Phasenauswerteinrichtung anhand des Rücksetzsignals  $R$  des Zählers erfaßt. Der Abstand  $a$  zwischen Sender und Empfänger ergibt sich aus der Anzahl der Phasensprünge  $R$ , die bei der Bewegung von Sender bzw. Empfänger aufgetreten sind, multipliziert mit der Wellenlänge  $\lambda$ , des Ultraschallsignals. Zu diesem Wert wird das Verhältnis von Zählerstand  $Z$  zur maximalen Anzahl der Zählimpulse  $N$  multipliziert mit der Wellenlänge  $\lambda$  addiert. Für den Abstand gilt:

$$a = R \cdot \lambda + \frac{Z}{N} \cdot \lambda .$$

**[0026]** Die Meßgenauigkeit dieser Phasenauswertung beträgt

$$\frac{\lambda}{N}$$

und kann durch entsprechende Wahl von  $N$  einfach den gegebenen Anforderungen für die Meßgenauigkeit der Hubhöhe  $h$  angepaßt werden.

**[0027]** Da die Schallgeschwindigkeit  $c$  von der Lufttemperatur abhängt, ist es vorteilhaft, eine Schallgeschwindigkeitsbestimmungseinrichtung vorzusehen. Anhand der ermittelten Temperatur  $t$  kann die Schallgeschwindigkeit  $c$ , die Schallaufzeit  $T$ , die Phasenbeziehung zwischen den Signalen  $S$  und  $E$  und/oder die Hubhöhe  $h$  bestimmt bzw. korrigiert werden. Dies ist insbesondere dann sinnvoll, wenn an unterschiedlichen Teilen der Hebebühne andere Temperaturbedingungen auftreten, z.B. durch Sonneneinstrahlung oder eingeschalteter Heißluft einer Heizung.

**[0028]** Die Steuervorrichtung kann zumindest einen Temperatursensor vorsehen, der die Lufttemperatur  $t$  in der Nähe der Ultraschallmeßstrecke erfaßt. Um unterschiedliche Temperaturen an mehreren Positionen der Hebebühne zu erfassen, ist es zweckmäßig, mehrere Temperatursensoren vorzusehen. Die Schallgeschwindigkeit  $c$  kann beispielsweise anhand einer Temperaturkennlinie mit einem linearen Zusammenhang oder einem wurzelförmigen Zusammenhang zwischen Temperatur  $t$  und Schallgeschwindigkeit  $c$  bestimmt werden. Anhand dieser Temperaturkompensation kann die Meßgenauigkeit der Ultraschallwegmessung erhöht werden.

**[0029]** Zur Ermittlung der Schallgeschwindigkeit  $c$  kann auch ein zweiter Empfänger in einem vorgegebenen Abstand  $d$  vom Sender angeordnet werden. Die Amswertevorrichtung kann anhand der Schallaufzeit  $T_d$  zu dem zweiten Empfänger und/oder der Phasenbeziehung zwischen dem Sendersignal  $S$  und dem Signal des zweiten Empfängers die Schallgeschwindigkeit  $c$  bestimmen und/oder die Hubhöhe  $h$  korrigieren. Für die Schallgeschwindigkeit gilt:

$$c = \frac{d}{T_d} .$$

**[0030]** Da die Schallgeschwindigkeit  $c$  direkt bestimmt wird, haben potentielle Fehlerquellen, wie z.B. die Temperatur, Luftdruck, Feuchtigkeit, keinen Einfluß auf die Wegmessung und es wird eine höhere Meßgenauigkeit erzielt.

**[0031]** Um die Ausbreitungsrichtung der vom Sender emittierten Schallwellen zu beeinflussen, ist es vorteilhaft, eine Fokussiereinrichtung vorzusehen. Da übliche Ultraschallsender eine nierenförmige Abstrahlcharakteristik aufweisen, gelangen Schallsignale auch auf nicht direktem Weg vom Sender zum Empfänger. Schallsignale können beispielsweise von einer Gebäudewand oder einem Teil der Hebebühne reflektiert werden und erreichen dann den Empfänger mit einem längeren Schallweg. In Abhängigkeit von der Phasenlage des direkten Schalls zum reflektierten Schall am Empfänger können durch Addition bzw. Subtraktion der Signale Interferenzen auftreten, welche die Wegmessung beeinträchtigen können. Durch ein am Sender aufgesetztes Schallhorn kann die Abstrahlcharakteristik des Senders beeinflußt werden und die Schallwellen werden gebündelt. Der größte Teil der abgestrahlten Schallenergie kann auf den direkten Schallweg zwischen Sender und Empfänger konzentriert werden. Meßsignalverfälschungen durch Reflexionen bzw. Interferenzen werden verringert.

**[0032]** Zum Selektieren von einfallenden Schallwellen kann der Empfänger eine entsprechende Einrichtung, insbesondere eine Blende oder ein Rohr, aufweisen. Da diese Selektionseinrichtung vorzugsweise Schallwellen einer vorgegebenen Ausbreitungsrichtung

durchläßt, ist es möglich, Schallwellen anderer Ausbreitungsrichtungen auszublenden bzw. zu unterdrücken. Vorzugsweise wird die Selektionseinrichtung des Empfängers auf die direkte Verbindung zum Sender ausgerichtet, um reflektierte Schallwellen zu dämpfen.

**[0033]** Vorzugsweise kann ein Reflektor zum Reflektieren der vom Sender emittierten Schallwellen vorgesehen sein. Dies ist besonders vorteilhaft, wenn die Messung der Hubhöhe  $h$  durch das Reflexionsprinzip erfolgt. Dazu sind Sender und Empfänger an einem beweglichen Teil der Hebebühne oder gemeinsam ortsfest an der Hebebühne angeordnet. Beispielsweise befinden sich Sender und Empfänger auf der Unterseite der höhenveränderlichen Plattform der Hebebühne. Der Sender strahlt Ultraschallsignale in Richtung des Bodens, auf der die Hebebühne angeordnet ist, aus. Dort werden die emittierten Ultraschallsignale von einem Reflektor, beispielsweise einer in den Boden eingelassenen Metallplatte, reflektiert. Bei dem Reflexionsprinzip ergibt sich die Hubhöhe  $h$  als Hälfte der Wegstrecke  $a$ , welche die Ultraschallsignal von Sender zu Empfänger zurücklegen. Falls der die Schallwellen reflektierende Gegenstand (z.B. die Plattform der Hebebühne) eine ausreichende Schallhärte aufweist und einen ausreichenden Anteil der einfallenden Schallwellen reflektiert, ist das Anbringen eines separaten Reflektors nicht erforderlich.

**[0034]** Sender und Empfänger können als kombinierter Ultraschall-Wandler ausgebildet sein. Der Wandler wird beispielsweise mit einem Burst von 1 ms Länge angeregt. Danach wird der Wandler auf Empfang umgeschaltet. Entsprechend der Hubhöhe wird das reflektierte Signal vom Wandler verzögert empfangen. Nach dem Anregen durch den Sende-Burst muß jedoch eine bestimmte Wartezeit eingehalten werden, bevor das Sendesignal abgeklungen ist und der Wandler als Empfänger benutzt werden kann. Hierdurch ergibt sich eine minimale Weglänge, die das Signal vom Sender zum Empfänger bzw. vom Wandler zum Reflektor und zurück zurücklegen muß.

**[0035]** Um diese minimale Weglänge zu vermeiden, können Sender und Empfänger als separate Sendeeinheit und Empfangseinheit ausgebildet sein. Diese sind vorzugsweise so anzurichten, daß zwischen Sender und Empfänger keine Körperschallkopplung auftritt. Zur Wegmessung nach dem Reflexionsprinzip können Sendeeinheit und Empfangseinheit beispielsweise nebeneinander angeordnet sein. Es ist jedoch auch möglich, zur direkten Wegmessung Sendeeinheit und Empfangseinheit ohne eine Reflexion der Schallwellen zu betreiben. Sendeeinheit und Empfangseinheit werden dazu an den beiden Enden der zu messenden Strecke angeordnet.

**[0036]** Der Sender kann beispielsweise ortsfest an der Hebebühne bzw. dem Boden oder dem Fundament, auf dem die Hebebühne steht, angeordnet sein. Durch Anordnung des Empfängers an einem beweglichen Teil der Hebebühne kann die Distanz  $a$  zwischen Sender und Empfänger ermittelt werden. Wird beispielsweise

der Empfänger an einer höhenveränderlichen Plattform der Hebebühne bzw. einem Tragwerk zum Anheben der Last angeordnet, so entspricht der Abstand  $a$  zwischen Sender und Empfänger im wesentlichen der Hubhöhe  $h$  der Hebebühne. Sollte der Empfänger nicht direkt an dem Teil der Hebebühne angebracht sein, dessen Hubhöhe  $h$  zu ermitteln ist, so kann diese durch Auswertung der geometrischen Beziehungen (Hebelarme, Winkel, Verhältnisse usw.) zwischen den Teilen der Hebebühne ermittelt werden. Selbstverständlich ist auch eine umgekehrte Anordnung von Sender und Empfänger möglich.

**[0037]** Sender und Empfänger können an der Verstelleinrichtung der Hebebühne angeordnet sein, um einen Verfahrweg  $v$  der Verstelleinrichtung zu bestimmen. Die Auswertevorrichtung ermittelt die Hubhöhe  $h$  anhand des Verfahrwegs  $v$  und der geometrischen Verhältnisse (Hebelarme) der Hebebühne. Eine Anordnung von Sender und Empfänger an der Verstelleinrichtung ist konstruktiv einfach und hat den Vorteil, daß die Meßstrecke zwischen Sender und Empfänger gegen eine versehentliche Unterbrechung der Schallausbreitung weitgehend geschützt ist.

**[0038]** Die Verstelleinrichtung kann vorzugsweise als ein Hydraulikzylinder bzw. ein druckmittelbeaufschlagter Zylinder ausgebildet sein. In diesem Fall können Sender bzw. Empfänger einerseits am Zylindergehäuse und andererseits an der verfahrbaren Kolbenstange bzw. einem mit dieser verbundenen Bauteil angeordnet sein. Selbstverständlich sind auch andere Verstelleinrichtungen, wie z.B. ein Spindelantrieb, möglich.

**[0039]** Es ist auch möglich, daß mehrere Verstelleinrichtungen vorgesehen sind. Die Auswertevorrichtung ermittelt zweckmäßigerweise anhand der jeweiligen Verfahrwege  $v$  der Verstelleinrichtungen die Hubhöhe  $h$  der Hebebühne. Je nach Anordnung der Verstelleinrichtungen sind deren Verfahrwege  $v$  entsprechend zu berücksichtigen. Beispielsweise sind in einer Serienschaltung der Verstelleinrichtungen die Verfahrwege  $v$  zu addieren.

**[0040]** Um die Meßgenauigkeit zu erhöhen und/oder die Hubhöhe der Hebebühne an mehreren Stellen zu bestimmen, können mehrere Sender und Empfänger vorgesehen sein. Die Auswertevorrichtung erfaßt die entsprechenden Schallwege zwischen den jeweiligen Sendern und Empfängern und ermittelt die Hubhöhe  $h$  der Hebebühne.

**[0041]** Vorzugsweise bestimmt die Auswertevorrichtung die Hubhöhen  $h_a, h_b$  von unterschiedlichen Teilen der Hebebühne, insbesondere von mehreren Hebeplattformen, Hebeamten oder Auslegern der Hebebühne. Dies ist besonders zweckmäßig, wenn die Hebebühne mehrteilig ausgebildet ist und die einzelnen Teile eigene Verstelleinrichtungen aufweisen. Beispielsweise können Hebebühnen für Kraftfahrzeuge getrennte Plattformen bzw. Fahrflächen für die linken und rechten Räder des Fahrzeugs aufweisen. Diese getrennten Fahrflächen werden in der Regel von separaten Hydraulik-

zylindern bewegt.

**[0042]** Um eine gleichmäßige Bewegung der einzelnen Teile einer mehrteilig ausgebildeten Hebebühne zu erzielen, ist es vorteilhaft, wenn die Steuereinheit eine Regelung der Verstelleinrichtungen ausführt. Durch die Regelung kann insbesondere der Verfahrweg  $v$  und/oder die Geschwindigkeit der Verstellbewegung synchronisiert werden. Die Steuereinheit kann dazu die von der Auswertevorrichtung ermittelten Hubhöhen  $h_a, h_b$  und/oder deren zeitliche Änderungen miteinander vergleichen und Abweichungen ermitteln. Bei festgestellten Abweichungen kann die Steuereinheit beispielsweise eine vorauselende Verstelleinrichtung kurzfristig anhalten und/oder deren Verstellgeschwindigkeit beeinflussen. Dies kann durch eine entsprechende Regelung eines Hydraulikaggregats zum Erzeugen von Hydraulikdruck für die Verstelleinrichtungen und/oder eine Betätigung von Hydraulikventilen erfolgen. Vorzugsweise führt die Steuereinheit eine Regelung der Verstelleinrichtungen, des Hydraulikaggregats und/oder der Ventile aus, um eine gleichmäßige Höhe  $h$  der Plattform bzw. gleichmäßige Hubhöhen  $h_a, h_b$  der Plattformen von mehrteiligen Hebebühnen zu erzielen. Durch die präzise Ultraschallwegmessung und die damit mögliche genaue Regelung der Hubhöhe bzw. der Hubhöhen kann die Hebebühne sehr genau positioniert werden. Dies ist besonders bei der Durchführung von Messungen an dem auf der Hebebühne aufstehenden oder von ihr angehobenen Gegenstand von Bedeutung. Durch die erfundungsgemäße Steuervorrichtung können beispielsweise mehrteilige Fahrflächen von Kraftfahrzeughebebühnen so präzise positioniert werden, daß eine Achsvermessung an Fahrzeugen möglich ist.

**[0043]** Bei Erreichen einer vorgegebenen Hubhöhe  $H_0$  der Hebebühne kann die Steuereinheit auch eine vorgegebene Steuerfunktion ausführen. Durch die Steuereinheit können beispielsweise Warnsignale und/oder Beleuchtungen ein- und ausgeschaltet werden. Bei Erreichend er vorgegebenen Hubhöhe  $H_0$  kann die Steuereinheit auch automatisch ein Meß- oder Prüfprogramm starten.

**[0044]** Im folgenden werden bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnung erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 schematisch ein Ausführungsbeispiel der erfundungsgemäßen Steuervorrichtung;

Fig. 2 eine schematische Darstellung zur Erläuterung eines Ausführungsbeispiels einer Auswertevorrichtung;

Fig. 3 eine schematische Darstellung zur Erläuterung eines Ausführungsbeispiels einer Steuereinheit;

Fig. 4a zeigt schematisch ein weiteres Ausführungsbeispiel für eine erfundungsgemäße Anord-

nung zur Wegmessung; und

Fig. 4b zeigt schematisch die Signale A, B, C, D der Messanordnung nach Fig. 4a.

**[0045]** Die Fig. 1 zeigt schematisch ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Steuervorrichtung für Hebebühnen. Die Steuervorrichtung weist einen Ultraschallsender 1 zum Aussenden von Ultraschallsignalen, z.B. mit einer Frequenz von 40 kHz, auf. Der Ultraschallsender 1 sendet Ultraschallimpulse, z.B. mit einer Länge von 1 ms, aus. Das Aussenden dieser Ultraschallimpulse wird von einer Auswertevorrichtung 3 gesteuert und überwacht.

**[0046]** Um die Ausbreitungsrichtung der emittierten Schallwellen zu beeinflussen, weist der Sender 1 ein Schallhorn 13 auf. Das Schallhorn 13 bündelt die abgestrahlten Schallwellen in einer bevorzugten Abstrahlrichtung, um unerwünschte Reflexionen der Schallwellen zu verringern.

**[0047]** Die vom Sender 1 emittierten Schallwellen treffen auf ein bewegliches Teil der Hebebühne 10 und werden dort reflektiert. Da in dem gezeigten Ausführungsbeispiel die Schallwellen auf die Unterseite einer höhenveränderbaren Plattform 16 der Hebebühne 10 auftreffen und der Reflexionskoeffizient der Plattform 16 eine ausreichende Reflexion der Schallwellen ermöglicht, ist kein zusätzlicher Reflektor vorgesehen.

**[0048]** Die reflektierten Schallwellen werden von einem Ultraschallempfänger 2, der mit der Auswertevorrichtung 3 verbunden ist, erfaßt. Sender 1 und Empfänger 2 sind in diesem Beispiel als separate Sendeund Empfangseinheiten ausgebildet, um eine Körperschallkopplung zu verhindern sowie das Senden und Empfangen der Schallwellen ohne Wartezeit beim Umschalten von Sende- auf Empfangsbetrieb zu ermöglichen. Da der Empfänger 2 nicht auf das Abklingen des Sendesignals im Sender 1 warten muß, ist keine Mindestsignalaufzeit für die Schallwellen einzuhalten.

**[0049]** Das Senden der Ultraschallimpulse vom Sender 1 wird in vorgegebenen Abständen von der Auswertevorrichtung 3 angestoßen. Die Auswertevorrichtung 3 ermittelt die Signallaufzeit T der Ultraschallimpulse vom Sender 1 zur Plattform 16 und zurück zum Empfänger 2. Die Hubhöhe h der Hebebühne ergibt sich als die Hälfte des von den Schallwellen zurückgelegten Weges. Dieser wird von der Auswertevorrichtung 3 aus Schallaufzeit T und Schallgeschwindigkeit c bestimmt:

$$h = c \cdot \frac{T}{2}.$$

**[0050]** Um den Einfluß der Lufttemperatur auf die Schallgeschwindigkeit c zu berücksichtigen, ist ein zweiter Empfänger 11 in einem vorgegebenen festen Abstand d vom Sender 1 vorgesehen. Die Auswertevorrichtung 3 ermittelt die Schallaufzeit  $T_d$  vom Sender 1 zu dem zweiten Empfänger 11 und bestimmt die Schall-

geschwindigkeit zu:

$$c = \frac{d}{T_d}.$$

5

**[0051]** Die von der Auswertevorrichtung ermittelte Hubhöhe h wird einer Steuereinheit 4 zugeführt. Diese vergleicht die ermittelte Hubhöhe h mit einer vorgegebenen Soll-Höhe  $H_0$  und steuert die Verstelleinrichtung 5, hier ein Hydraulikzylinder, derart an, daß die Soll-Hubhöhe  $H_0$  der Hebebühne 10 erreicht wird.

**[0052]** Die Steuereinheit 4 kann in Abhängigkeit von der ermittelten Hubhöhe h auch weitere Steuerfunktionen ausführen, wie z.B. das Ein- und Ausschalten von Warntönen und/oder Beleuchtungen. Vorzugsweise sind Auswertevorrichtung 3 und Steuereinheit 4 als eine elektronische Baueinheit, beispielsweise ein Mikrokontroller oder eine programmierbare Steuereinheit, ausgebildet. Die Eingabe der Soll-Höhe  $H_0$  kann manuell, beispielsweise über eine Tastatur oder eine andere Eingabevorrichtung, erfolgen. Es ist auch möglich, daß die Soll-Höhe  $H_0$  von einem Meß- oder Leitrechner vorgegeben wird.

**[0053]** Die Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung zur Erläuterung einer erfindungsgemäßen Auswertevorrichtung 3.

**[0054]** In dem gezeigten Ausführungsbeispiel ist der Sender 1 an der beweglichen Zylinderstange 23 eines Hydraulikzylinders 5 angeordnet. Der Empfänger 2 befindet sich am Zylindergehäuse 24 des Hydraulikzylinders 5. Die Auswertevorrichtung 3 ermittelt anhand der Phasenbeziehung zwischen Sendersignal S und Empfängersignal E den Verfahrtsweg v des Hydraulikzylinders 5. Aufgrund der bekannten geometrischen Anordnung der Hebebühne 10 kann auf der Grundlage des Verfahrtswegs v die Hubhöhe h der Hebebühne 10 berechnet werden.

**[0055]** Die Auswertevorrichtung 3 weist eine Phasenauswerteeinrichtung 8 auf, welche die Phasenbeziehung zwischen dem Sendersignal S und dem Empfängersignal E bestimmt. Die Signale E und S werden über zwei Komparatoren (Schmitt-Trigger) 19 in Rechtecksignale umgewandelt. Die Phasenauswerteeinrichtung 8 mißt die Zeit zwischen der steigenden Flanke des Sendersignals S und der steigenden Flanke des Empfängersignals E. Hierzu ist eine Torschaltung 6 vorgesehen, die bei einer steigenden Flanke des Signals S öffnet und bei einer steigenden Flanke des Signals E schließt. Bei geöffnetem Tor werden Zählimpulse von einem Taktgeber 7 in einem Zähler 12 addiert. Zusätzlich wird bei einer Flanke des Sendersignals S der Zählerstand der vorherigen Messung gespeichert.

**[0056]** Bei einer Schallsendefrequenz von 40 kHz und einer Taktrate von 16 MHz ergibt sich ein maximaler Zählerstand N = 400 bei einer Phasenverschiebung von 360° bzw.  $2\pi$ . Die maximale Phasenverschiebung zwischen den Signalen S und E entspricht der Peri-

odendauer des Sendesignals S bzw. dem Kehrwert der Erregerfrequenz f. Die maximale Zeit zwischen der Flanke des Senders und der des Empfängers beträgt bei f = 40 kHz 25 ms. Die Zeitauflösung der Phasenauswerteeinrichtung 8 beträgt somit

$$\frac{1}{N \cdot f}.$$

**[0057]** Wird die Hebebühne 10 verfahren, d.h. Sender und Empfänger bewegen sich relativ zueinander, verändert sich die Phasenbeziehung zwischen Sendersignal S und Empfängersignal E. Bewegen sich Sender und Empfänger beispielsweise auseinander, wird die Phasenverschiebung und der Wert Z des Zählers größer, bis er die maximale Anzahl von Zählimpulsen N erreicht. Nach dem Erreichen von N beginnt der Zähler wieder mit Null. Beim Absenken der Hebebühne wird der Zählerstand Z entsprechend kleiner, um beim Erreichen des Wertes Null wieder auf N zu springen. Bei einer Schallgeschwindigkeit von 340 m/s und einer Erregerfrequenz von 40 kHz erfolgt das Rücksetzen des Zählers nach einer Änderung des Schallweges von 8,5 mm.

**[0058]** Um die Hubhöhe h zu ermitteln, muß die Anzahl der Sprünge bzw. Zählerrücksetzungen R beim Verfahren der Hebebühne 10 erfaßt werden.

**[0059]** Die durch die Auswertung der Phasenbeziehung erreichbare Wegauflösung beträgt in dem oben erwähnten Beispiel mit N = 400 0,02 mm.

**[0060]** Um den Einfluß der Lufttemperatur t auf die Schallgeschwindigkeit zu kompensieren, ist eine Schallgeschwindigkeitsbestimmungseinrichtung 12 und ein Temperatursensor 9 vorgesehen. Der Temperatursensor 9 ist vorzugsweise in der Nähe der Meßstrecke zwischen Sender 1 und Empfänger 2 angeordnet und mißt die dortige Lufttemperatur t. Die Schallgeschwindigkeitsbestimmungseinrichtung 12 bestimmt die Schallgeschwindigkeit c anhand einer Temperaturkennlinie:

$$c = \left( 331,6 + 0,6 \frac{t}{^{\circ}\text{C}} \right) \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}} .$$

**[0061]** Durch die Temperaturkompensation der Schallgeschwindigkeit c kann eine genaue Einstellung der Hubhöhe h erfolgen. Sind mehrere Verstelleinrichtungen zum Anheben bzw. zum Absenken der Hebebühne vorgesehen, können die Temperatureinflüsse auf die einzelnen Verstelleinrichtungen korrigiert werden, wodurch ein synchrones Anheben und Absenken auch bei unterschiedlichen Temperaturen möglich ist. Beispielsweise kann ein Teil der Hebebühne in einer Klimakammer angeordnet sein. Ein anderer Teil der Hebe-

bühne wird z.B. von der Sonne beschienen oder von einer Heizung angeblasen. Um Interferenzen und Störungen durch reflektierte Schallsignale zu unterdrücken, ist am Empfänger 2 ein Rohr 14 angebracht. Durch das

5 Rohr 14 wird erreicht, daß vorzugsweise Schallwellen mit einer Ausbreitungsrichtung in axialer Rohrrichtung den Empfänger 2 erreichen können. Reflektierte Schallsignale mit anderen Ausbreitungsrichtungen werden unterdrückt. Es ist auch möglich, den Empfänger 2 in  
10 dem Rohr 14 zusammen mit der Hebebühne 10 zu verfahren, wobei der Sender 1 das Rohr 14 in einem vorgegebenen Abstand, z.B. 10 cm, anstrahlt. Auf diese Weise gelangen nur die Schallwellen in das Meßrohr, die im wesentlichen dem direkten Weg zwischen Sender 1 und Empfänger 2 entsprechen. Das Empfängersignal E ist wesentlich stabiler, da eine Modulation mit reflektiertem Schall verringert wird.

**[0062]** Die Fig. 3 zeigt eine schematische Darstellung zur Erläuterung einer erfindungsgemäßen Steuereinheit 4. Die zweiteilig ausgebildete Hebebühne 10 weist zwei Plattformen bzw. Fahrflächen 16a, 16b auf. An jeder der beiden Plattformen 16a, 16b ist ein kombinierter Ultraschall-Wandler 17a, 17b vorgesehen. Im Boden bzw. Fundament sind Reflektoren 15a, 15b angebracht, 25 die von den Ultraschallwandlern 17a, 17b emittierte Schallwellen reflektieren.

**[0063]** Die Auswertevorrichtung 3 ermittelt die Höhen h<sub>a</sub>, h<sub>b</sub> der beiden Plattformen 16a, 16b der Hebebühne 10. Diese Hubhöhen h<sub>a</sub>, h<sub>b</sub> werden einer Steuereinheit 30 4 zugeführt. Zur Regelung der Hubhöhen h<sub>a</sub>, h<sub>b</sub> bildet die Steuereinheit 4 die Regelabweichungen h<sub>a</sub> - H<sub>0</sub>, h<sub>b</sub> - H<sub>0</sub> und gegebenenfalls h<sub>a</sub> - h<sub>b</sub>. Diese Differenzen werden von einer Regeleinrichtung 20 ausgewertet, um die Hubhöhen h<sub>a</sub>, h<sub>b</sub> der Plattformen 16a, 16b synchron zu 35 regeln. Leistungselemente 21a, 21b steuern ein Hydraulikaggregat 22 zur Erzeugung des jeweiligen Hydraulikdrucks für die Verstelleinrichtungen 5a, 5b. Die Regeleinrichtung 20 kann eine Höhenregelung und/ oder eine Geschwindigkeitsregelung der Verstelleinrichtungen 5a, 5b durchführen. Auf diese Weise ist es 40 möglich, die Plattformen 16a, 16b synchron anzuheben bzw. abzusenken.

**[0064]** Weiterhin können proportional oder binär schaltende Stellorgane, z.B. Hydraulikventile, vorgesehen sein, um die Regelfunktionen auszuführen. Die Stellorgane können von der Regeleinrichtung 20 oder den Leistungselementen 21a, 21b betätigt werden und den Druck in den Hydraulikzylindern 5a, 5b beeinflussen. Da in diesem Fall die Steuerung der Hydraulikzylinder 5a, 5b über die Stellorgane erfolgt, ist es möglich, ein einfacheres Hydraulikaggregat 22 vorzusehen, das einen konstanten Druck erzeugt.

**[0065]** Die Fig. 4a zeigt schematisch ein weiteres Ausführungsbeispiel für eine erfindungsgemäße Anordnung zur Ermittlung der Hubhöhe h. Ein Signalgeber 25 erzeugt Rechtecksignale A (z.B. mit 40kHz), die über einen von der Auswertevorrichtung 3 gesteuerten elektronischen Schalter 26 und einen Signalverstärker 27

dem Ultraschallsender 1 zugeführt werden. Das Signal zur Ansteuerung des Schalters 26 ist mit B und das dem Sender zugeführte Signal mit C bezeichnet. Durch den Schalter 26 wird das Dauerstrichsignal A zyklisch eingeschaltet. Der Empfänger 2 empfängt das Ultraschallsignal und leitet das Empfangssignal D über einen Signalverstärker 28 der Auswertevorrichtung 3 zu. Diese führt die Ermittlung des Abstands zwischen Sender 1 und Empfänger 2 anhand der in Fig. 4b gezeigten Signale A, B, D durch. Bei entsprechender Anordnung von Sender 1 und Empfänger 2 entspricht dieser Abstand der Hubhöhe h der Hebebühne.

**[0066]** Zur Erhöhung der Betriebssicherheit der Hebebühne ist es zweckmäßig sowohl eine inkrementale als auch eine absolute Abstandsmessung durchzuführen. Die inkrementale Wegmessung erfolgt nach dem oben erläuterten Prinzip der Phasenauswertung zwischen Sendeund Empfangssignal. Diese Messung kann mit hoher Genauigkeit erfolgen und liefert eine genaue Angabe des Verfahrweges der Hebebühne. Wird jedoch der Schallweg zwischen Sender 1 und Empfänger 2 unterbrochen, kann die Auswertevorrichtung 3 die Synchronisierung zwischen Sende- und Empfangssignal verlieren und Zählimpulse können verloren gehen. Meist sind dann ein Nothalt der Hebebühne und ein manuelles Zurückfahren der Hebebühne in eine Referenzposition erforderlich.

**[0067]** Um die Steuervorrichtung robuster gegen solche Probleme zu machen, kann eine kombinierte Auswertung der Phasenbeziehung p zwischen Sende- und Empfangssignal C, D und der Schalllaufzeit T zwischen Sender 1 und Empfänger 2 erfolgen. Da es sich bei der Ermittlung der Schalllaufzeit T um eine absolute Abstandsmessung handelt, kann sie immer wieder und unabhängig von vorherigen Messungen durchgeführt werden. Sollte die (genauere) Phasenauswertung gestört werden und ausfallen, kann anhand der Laufzeitmessung noch immer die (ungefähre) Hubhöhe der Hebebühne ermittelt werden. Durch die Redundanz der Messungen wird so die Betriebssicherheit der Hebebühne erhöht. Die geringere Genauigkeit der Laufzeitmessung in der Größenordnung der verwendeten Wellenlänge (z. B.  $\lambda = 8,5\text{mm}$ ) kann dabei in Kauf genommen werden. Die Messgenauigkeit kann zusätzlich dadurch erhöht werden, dass die Triggerung auf die positive und negative Flanke des anklingenden Impulses im Empfangssignal D erfolgt. Auf diese Weise kann eine Auflösung der Wegmessung von  $\lambda/2$  erreicht werden. Dies ist für einen Notbetrieb und einige Verwendungszwecke der Hebebühne ausreichend.

**[0068]** Die doppelte Wegmessung kann zyklisch erfolgen, wie in Fig. 4a, b dargestellt. Dabei wird das Dauerstrichsignal A periodisch durch den Schalter 26 moduliert. Anhand des Empfangssignals D wird dann sowohl die Laufzeit T als auch die Phasenbeziehung p ermittelt und ausgewertet.

**[0069]** Vorzugsweise erfolgt die Laufzeitmessung zu Zeitpunkten, wenn die Hebebühne nicht bewegt wird.

Dann kann der Dauerstrichbetrieb unterbrochen werden, ohne die Phasenauswertung zu stören. Beispielsweise wird, wenn die Steuervorrichtung einen Fahrbefehl erhält, die Schalllaufzeit im Impulsbetrieb ermittelt, bevor die Hebebühne bewegt und der Sender für die Phasenauswertung auf Dauerstrichbetrieb gesetzt wird. Auf diese Weise kann vor dem Loslaufen ein Kontrollwert für die Hubhöhe h durch die absolute Wegmessung ermittelt werden. Dieser Kontrollwert kann mit einem in einem beständigen, nicht-flüchtigen Speicher abgespeicherten Ist-Wert für die Hebebühnensteuerung verglichen werden, um zu ermitteln, ob die Höhenmessung fehlerfrei durchgeführt wurde. Ein solches Vorgehen ermöglicht eine zusätzliche Kontrolle der Hebebühnenposition und erhöht somit die Betriebssicherheit.

**[0070]** Es ist jedoch auch möglich die Messung im Normalbetrieb nur auf die Phasenauswertung zu stützen und nur im Fall einer Störung auf eine Laufzeitmessung umzuschalten. Im Normalbetrieb wird ein Dauerstrichsignal gesendet und im Störungsfall auf einen Impulsbetrieb des Senders 1 umgeschaltet. Eine Störung kann durch eine Auswertung des Empfangssignals D erkannt werden. Zum Beispiel kann die Empfangsqualität erfasst und/oder das Fehlen (Ausbleiben) von Impulsen erkannt werden. Auch anhand der Form der empfangenen Signale kann auf eine Störung der (Ultraschall-) Übertragung geschlossen werden.

### 30 Patentansprüche

1. Steuervorrichtung für Hebebühnen, mit einem Ultraschallsender (1), einem Ultraschallempfänger (2), einer Auswertevorrichtung (3), die anhand der Signale von Sender (1) und Empfänger (2) die Hubhöhe h der Hebebühne (10) ermittelt, mindestens einer Verstelleinrichtung (5) zum Anheben bzw. Absenken der Hebebühne (10) und einer Steuereinheit (4), welche die Verstelleinrichtung (5) auf der Grundlage der ermittelten Hubhöhe h ansteuert.
2. Steuervorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Steuereinheit (4) die ermittelte Hubhöhe h der Hebebühne (10) mit einer vorgegebenen Soll-Höhe  $H_0$  vergleicht und die Verstelleinrichtung (5) derart ansteuert, daß die Soll-Höhe  $H_0$  der Hebebühne (10) erreicht wird.
3. Steuervorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei der Sender (1) Ultraschallimpulse aussendet und die Auswertevorrichtung (3) eine Schalllaufzeit T der Ultraschallimpulse vom Sender (1) zum Empfänger (2) bestimmt.
4. Steuervorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei der Sender (1) digitale Ultraschallsignale aussendet und die Auswertevorrichtung vom Sender (1) zum

- Empfänger (2) zu bestimmen.
5. Steuervorrichtung nach Anspruch 4, wobei die Korrelationseinrichtung ein Schieberegister zum Verschieben des digitalen Sendersignals S oder des digitalen Empfängersignals E aufweist.
6. Steuervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Auswertevorrichtung (3) eine Phasenauswerteeinrichtung (8) zur Bestimmung der Phasenbeziehung zwischen dem Sendersignal S und dem Empfängersignal E aufweist und eine Änderung des Abstands zwischen Sender (1) und Empfänger (2) durch Erfassen einer Änderung der Phasenbeziehung bestimmt.
7. Steuervorrichtung nach Anspruch 6, wobei die Phasenauswerteeinrichtung (8) eine Torschaltung (6), die bei einer steigenden Flanke des Sendersignals S öffnet und bei einer steigenden Flanke des Empfängersignals E schließt, einen Taktgeber (7) und einen Zähler (12) aufweist, der bei geöffneter Torschaltung (6) Zählimpulse des Taktgebers (7) zählt.
8. Steuervorrichtung nach Anspruch 7, wobei der Zähler (12) eine vorgegebene Anzahl von Zählimpulsen N zählt und beim nächsten eingehenden Zählimpuls auf einen bestimmten Wert zurückgesetzt wird, und die Auswertevorrichtung (3) die Hubhöhe h anhand des Zählerstands Z und der Anzahl der Zählerrücksetzungen R ermittelt.
9. Steuervorrichtung nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die Auswertevorrichtung eine Schallgeschwindigkeitsbestimmungseinrichtung (18) aufweist, welche die Geschwindigkeit c der vom Sender (1) emittierten Schallwellen bestimmt, um die Schallaufzeit T, die Phasenbeziehung und/oder die Hubhöhe h zu ermitteln bzw. zu korrigieren.
10. Steuervorrichtung nach Anspruch 9, die einen Temperatursensor (9) aufweist, um die Schallgeschwindigkeit c zu bestimmen, insbesondere anhand einer Temperaturkennlinie.
11. Steuervorrichtung nach Anspruch 9 oder 10, die einen zweiten in einem vorgegebenen Abstand d vom Sender (1) angeordneten Empfänger (11) aufweist, wobei die Auswertevorrichtung (3) anhand der Laufzeit  $T_d$  der Schallwelle von dem Sender (1) zu dem zweiten Empfänger (11) und/oder der Phasenbeziehung zwischen dem Sendersignal S und dem Signal des zweiten Empfängers (11) die Schallgeschwindigkeit c bestimmt.
12. Steuervorrichtung nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei der Sender (1) eine Fokuseinrichtung (13) zum Fokussieren von Schallwellen aufweist, insbesondere ein Schallhorn.
13. Steuervorrichtung nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei der Empfänger (2) eine Einrichtung (14) zum Selektieren von einfallenden Schallwellen, insbesondere eine Blende oder ein Rohr, aufweist, die Schallwellen einer vorgegebenen Ausbreitungsrichtung durchläßt.
14. Steuervorrichtung nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 13, die einen Reflektor (15) zum Reflektieren der vom Sender (1) emittierten Schallwellen aufweist.
15. Steuervorrichtung nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 14, wobei Sender (1) und Empfänger (2) als kombinierter Ultraschall-Wandler (17) oder als separate Sende- und Empfangseinheiten ausgebildet sind.
16. Steuervorrichtung nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 15, wobei der Sender (1) ortsfest und der Empfänger (2) an einem beweglichen Teil der Hebebühne (10) angeordnet ist, oder der Sender (1) an einem beweglichen Teil der Hebebühne (10) und der Empfänger (2) ortsfest angeordnet ist.
17. Steuervorrichtung nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 16, wobei der Sender (1) und/oder der Empfänger (2) an einer höhenveränderlichen Plattform (16) der Hebebühne (10) angeordnet sind.
18. Steuervorrichtung nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 16, wobei der Sender (1) und der Empfänger (2) an der Verstelleinrichtung (5) angeordnet sind, und die Auswertevorrichtung (3) zur Ermittlung der Hubhöhe h einen Verfahrtsweg v der Verstelleinrichtung (5) bestimmt.
19. Steuervorrichtung nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 18, wobei die Verstelleinrichtung (5) ein Hydraulikzylinder ist.
20. Steuervorrichtung nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 19, wobei mehrere Verstelleinrichtungen (5) vorgesehen sind, und die Auswertevorrichtung (3) die jeweiligen Verfahrtswägen v der Verstelleinrichtungen (5) ermittelt.
21. Steuervorrichtung nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 20, wobei mehrere Sender (1) und Empfänger (2) vorgesehen sind.
22. Steuervorrichtung nach Anspruch 21, wobei die Auswertevorrichtung (3) die Hubhöhen  $h_a$ ,  $h_b$  von unterschiedlichen Teilen der Hebebühne (10) ermit-

- telt, insbesondere von mehreren Hebeplattformen (16a, 16b), Hebearmen oder Auslegern der Hebebühne (10).
- 23.** Steuervorrichtung nach zumindest einem der Ansprüche 20 bis 22, wobei die Steuereinheit (4) eine Regelung der Verstelleinrichtungen (5) ausführt, um insbesondere einen gleichen Verfahrtsweg v und/oder eine Geschwindigkeitssynchronität der Verstelleinrichtungen (5) zu erzielen. 5
- 24.** Steuervorrichtung nach zumindest einem der Ansprüche 20 bis 22, wobei die Steuereinheit (4) eine Regelung der Verstelleinrichtungen (5) ausführt, um eine gleichmäßige Höhe der Plattform (16) bzw. gleiche Hubhöhen  $h_a, h_b$  der Plattformen (16a, 16b) zu erzielen. 15
- 25.** Steuervorrichtung nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 24, wobei die Steuereinheit (4) bei Erreichen einer vorgegebenen Hubhöhe  $H_0$  der Hebebühne (10) eine vorgegebene Steuerfunktion ausführt. 20
- 26.** Steuervorrichtung nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 25, wobei die Auswerteeinrichtung (3) die Hubhöhe  $h$  anhand der Messung der Schalllaufzeit  $T$  und der Auswertung der Phasenbeziehung zwischen Sendersignal  $S$  und Empfängersignal  $E$  ermittelt. 25  
30
- 27.** Hebebühne, insbesondere für Kraftfahrzeuge, mit einer Steuervorrichtung nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 26. 35

40

45

50

55

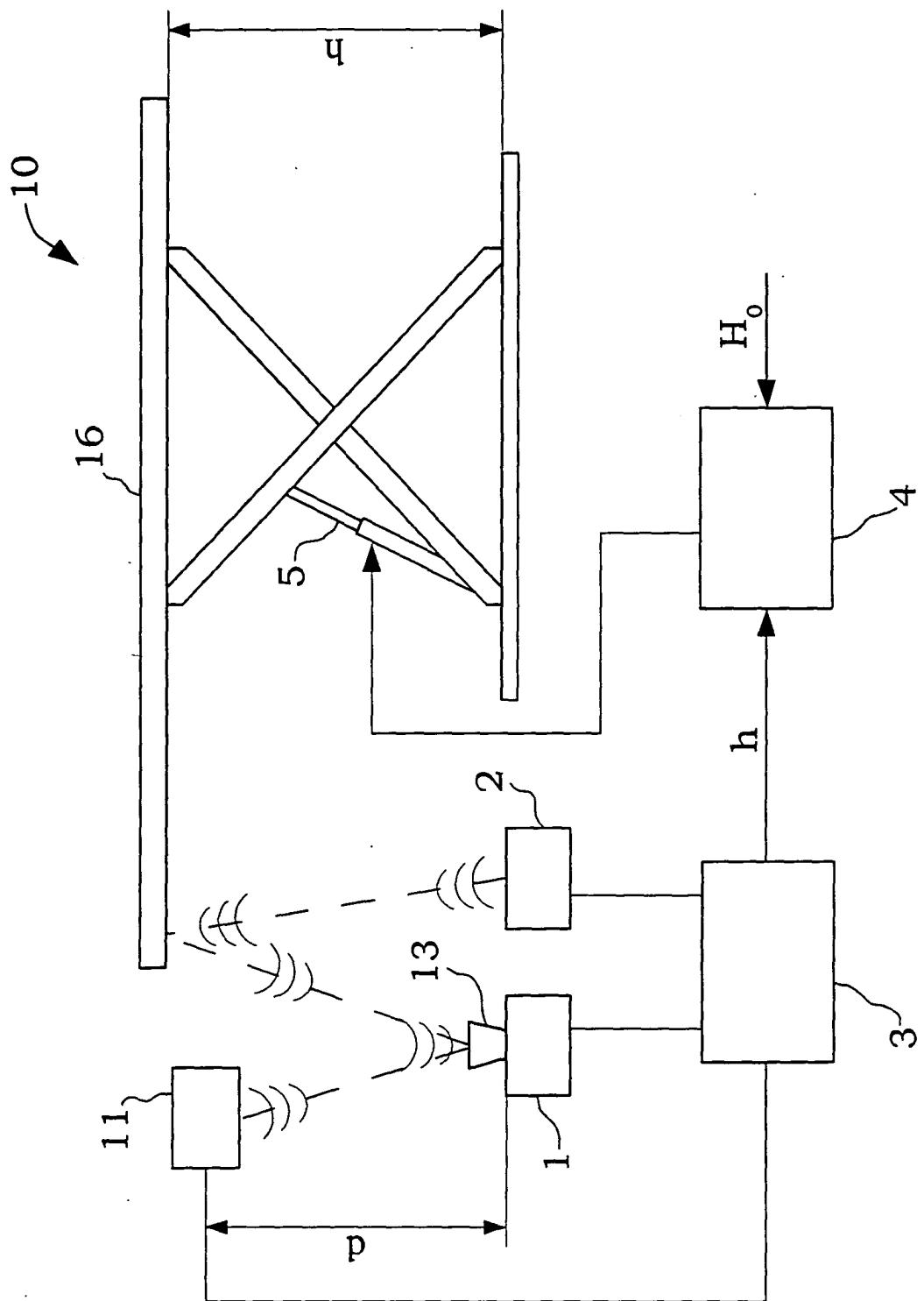


Fig. 1

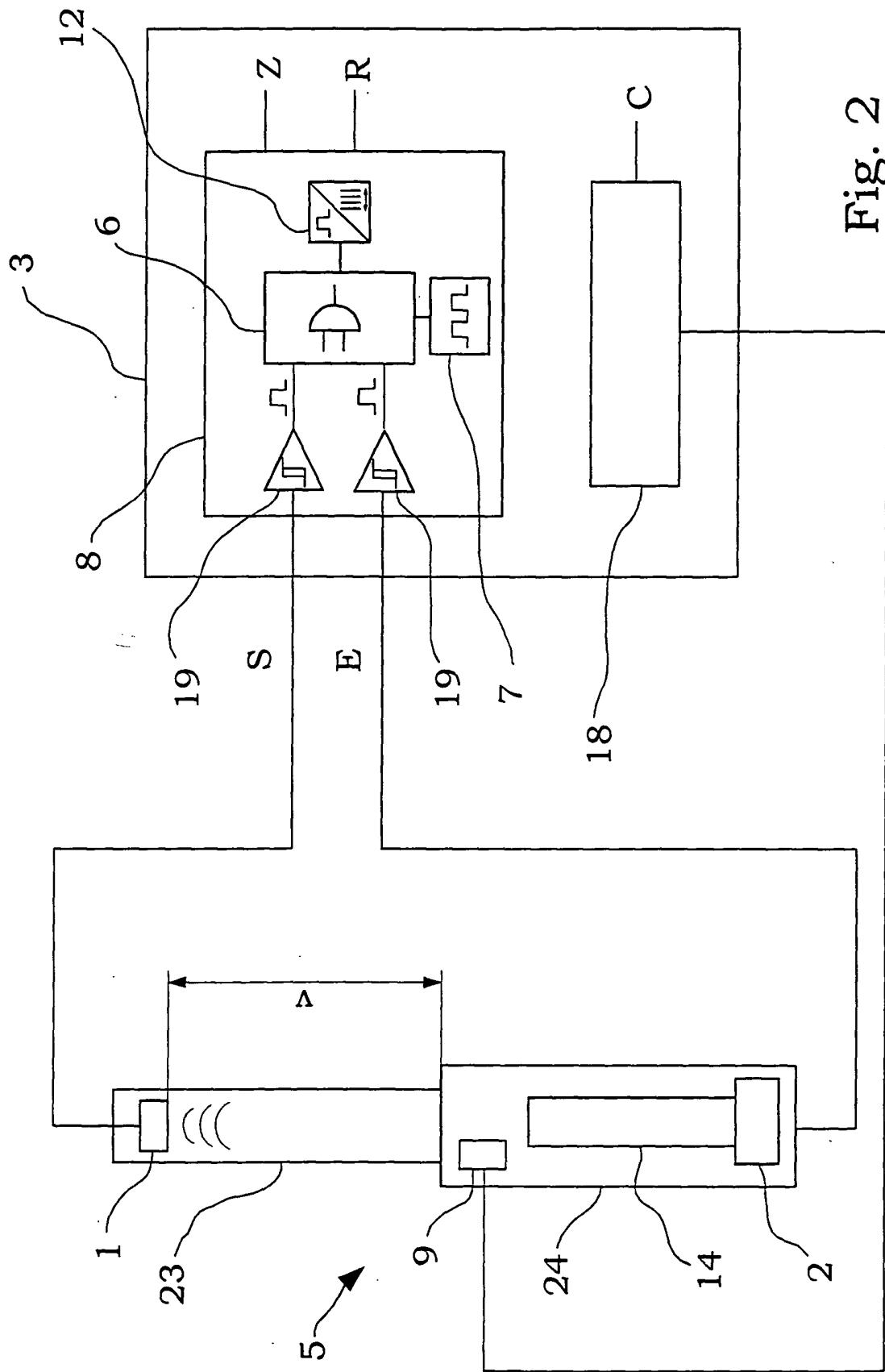


Fig. 2

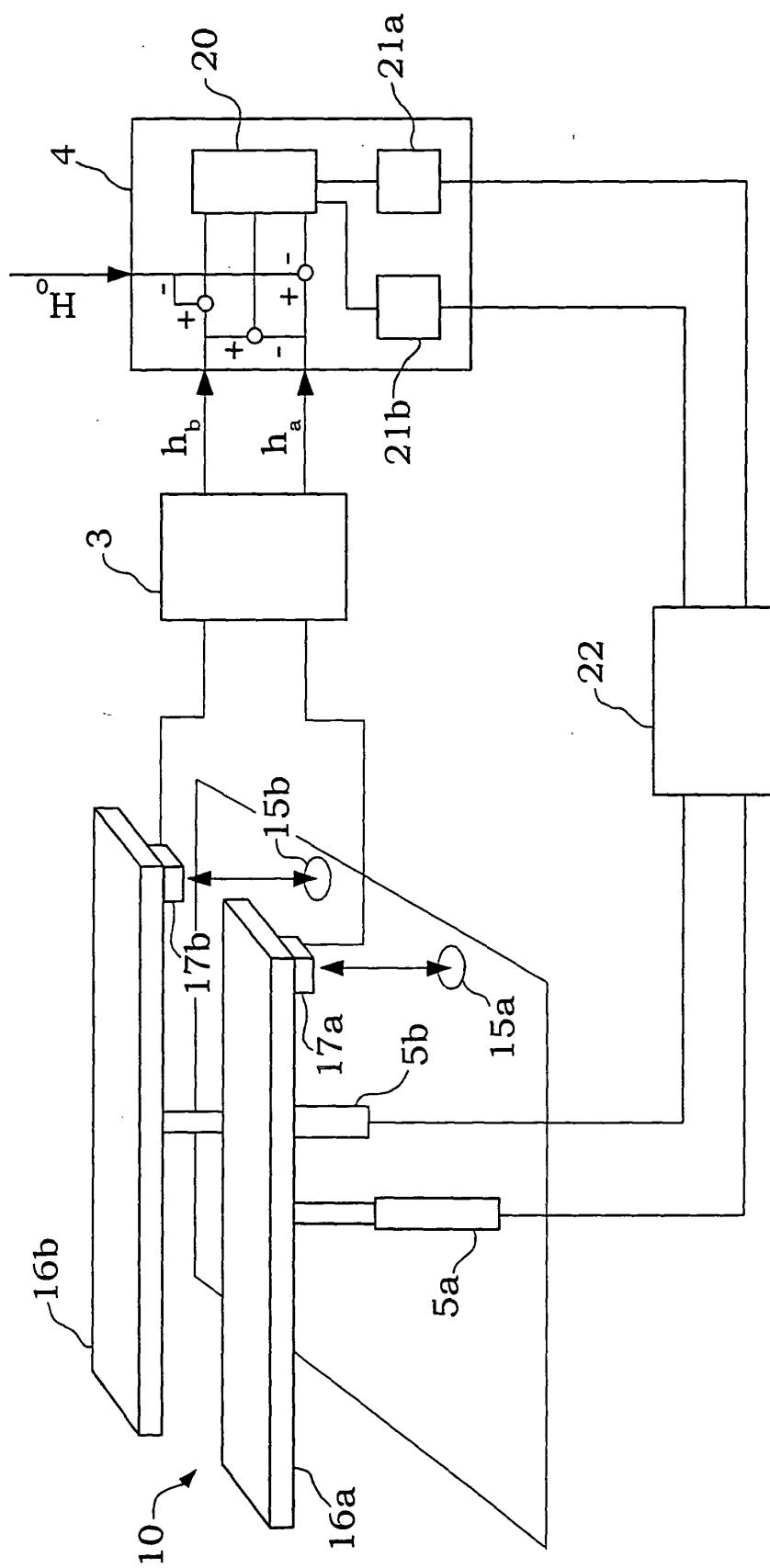


Fig. 3

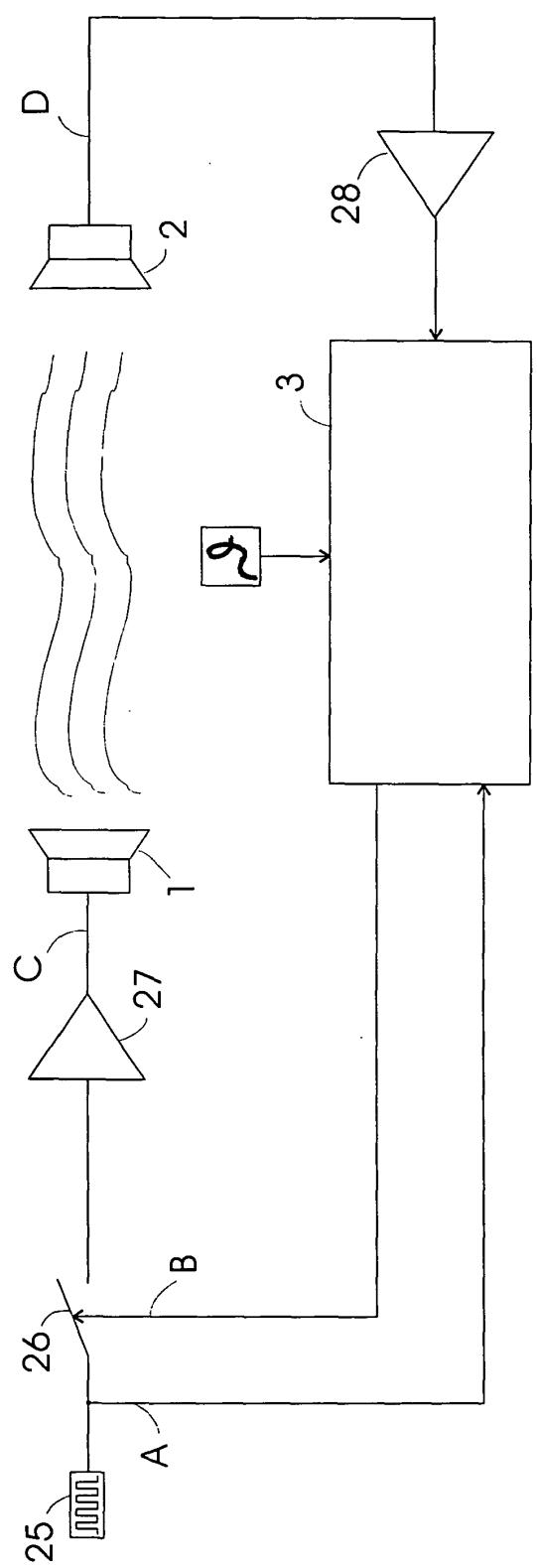


Fig. 4a

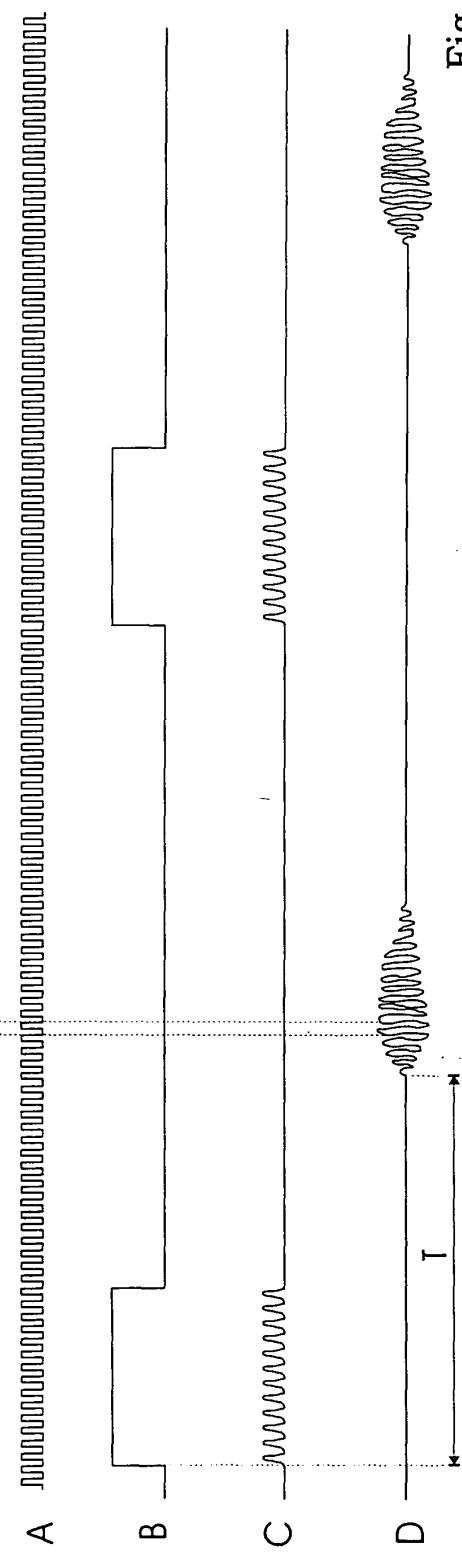


Fig. 4b



Europäisches  
Patentamt

## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 03 01 9590

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betreff Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
X	EP 1 079 118 A (TOYODA AUTOMATIC LOOM WORKS) 28. Februar 2001 (2001-02-28)	1-4, 6, 9, 10, 15, 18, 19, 26	B66F7/28 B66F9/075
Y	* Spalte 4, Zeile 14 - Spalte 6, Zeile 25 *  * Spalte 7, Zeile 24 - Zeile 29 * * Spalte 7, Zeile 39 - Zeile 44 * * Zusammenfassung; Abbildungen 1,2 *	7, 8, 12-14, 16, 17, 20-25, 27	
Y	EP 1 129 980 A (EUROGAMMA SRL) 5. September 2001 (2001-09-05) * Zusammenfassung * * Spalte 2, Zeile 18 - Zeile 29 *	20-25, 27	
Y	US 4 276 622 A (DAMMEYER NED E) 30. Juni 1981 (1981-06-30)  * Spalte 6, Zeile 28 - Zeile 43; Abbildung 5 * * Spalte 4, Zeile 48 - Zeile 65; Abbildung 2 *	7, 8, 12-14, 16, 17	
A	EP 1 078 877 A (TOYODA AUTOMATIC LOOM WORKS ;HONDA ELECTRONIC (JP)) 28. Februar 2001 (2001-02-28) * Spalte 5, Zeile 38 - Zeile 51 *	3, 4	B66F F15B
D, A	DE 35 15 762 A (ZIPPO HEBETECHNIK GMBH) 6. November 1986 (1986-11-06)		
D, A	EP 0 866 306 A (NUSSBAUM OTTO GMBH CO KG) 23. September 1998 (1998-09-23)		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche		Prüfer
MÜNCHEN	20. November 2003		Ferrien, Y
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet	T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze		
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie	E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist		
A : technologischer Hintergrund	D : in der Anmeldung angeführtes Dokument		
O : nichtschriftliche Offenbarung	L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument		
P : Zwischenliteratur	& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument		

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

EP 03 01 9590

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

20-11-2003

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 1079118	A	28-02-2001	JP	2001063986 A	13-03-2001	
			EP	1079118 A2	28-02-2001	
			US	6549873 B1	15-04-2003	
EP 1129980	A	05-09-2001	EP	1129980 A1	05-09-2001	
			CA	2330902 A1	29-08-2001	
			US	2001050360 A1	13-12-2001	
US 4276622	A	30-06-1981	AU	5845380 A	22-01-1981	
			CA	1128190 A1	20-07-1982	
			DE	3025005 A1	05-02-1981	
			GB	2054854 A	18-02-1981	
EP 1078877	A	28-02-2001	JP	2001063985 A	13-03-2001	
			EP	1078877 A1	28-02-2001	
			US	6463009 B1	08-10-2002	
DE 3515762	A	06-11-1986	DE	3515762 A1	06-11-1986	
EP 0866306	A	23-09-1998	DE	29704877 U1	30-04-1997	
			EP	0866306 A1	23-09-1998	