



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 698 29 056 T2 2005.12.29**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 005 657 B1**

(51) Int Cl.7: **G01V 1/00**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **698 29 056.9**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/CA98/00531**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **98 923 959.5**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 99/009433**

(86) PCT-Anmeldetag: **01.06.1998**

(87) Veröffentlichungstag  
der PCT-Anmeldung: **25.02.1999**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **07.06.2000**

(97) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: **16.02.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **29.12.2005**

(30) Unionspriorität:  
**56363 P 19.08.1997 US**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,  
LI, LU, MC, NL, PT, SE**

(73) Patentinhaber:  
**Tectonics Research Group Inc., Vile LeMoyne,  
Quebec, CA**

(72) Erfinder:  
**Guindi, Sami, St. Lambert, CA; Sadri, Afshin,  
Montreal, CA; Heidt, Robert, Kirkland, CA**

(74) Vertreter:  
**HOFFMANN & EITLE, 81925 München**

(54) Bezeichnung: **VERFAHREN UND ANLAGE ZUR DETEKTION VON BEVORSTEHENDEN ERDBEBEN**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

**Beschreibung**

## GEBIET DER ERFINDUNG

**[0001]** Die vorliegende Erfindung ist auf die Erkennung von bevorstehenden Erdbeben gerichtet und im Besonderen bezieht sich die Erfindung auf einen Detektor und ein Verfahren zum Unterscheiden zwischen gängigen Erderschütterungen und Stößen, die Vorläufer für ein Erdbeben sind. Ferner bezieht sich die Erfindung auf einen Erdbeben-Detektor vom Weiterleitungstyp zum Übertragen eines Warnsignals an entfernt gelegene Sensoren.

## HINTERGRUND DER ERFINDUNG

**[0002]** Es ist gut belegt, dass Erdbeben charakteristische Wellenformen und Erschütterungscharakteristika haben, die besonders zweckdienlich sind zum Erkennen von Erschütterungen vom Erdbebenformat aus leichten zufälligen Erschütterungen, die typischerweise bei Erdformationen- bzw. gestaltungen angetroffen werden. Typischerweise hat ein Erdbeben-Stoß die Ausbreitung von P-(Primus)-Wellen zur Folge, die als Verdichtung und Verdünnung ausgebreitet werden, und hat ebenso S-Wellen (Secundus) zur Folge, deren Wellen sich in einem orthogonalen Winkel zu der Richtung der Welle ausbreiten. Allgemein gesagt haben die P-Wellen eine Eigenfrequenz von ungefähr 5 Hertz (Hz), während die S-Wellen eine signifikant kleinere Frequenz haben als die P-Wellen. Die S-Wellen haben eine signifikant größere Amplitude als die P-Wellen und sind deshalb die Wellen, die hauptsächlich die Zerstörung von Bauwerken zur Folge haben. P-Wellen pflanzen sich typischerweise mit einer schnelleren Rate von einem Epizentrum zu einem gegebenen Ort fort im Vergleich zu S-Wellen. Somit kann eine Feststellung von P-Wellen als eine Warnung der Ankunft von S-Wellen bei einem gegebenen Ort dienen, im Besonderen an einem Ort in einiger Entfernung von dem Epizentrum.

**[0003]** Eine der Hauptschwierigkeiten bei der Erdbeben-Erkennung bezieht sich auf den mit dem Erkennen von P-Wellen verbundenen Zeitfaktor. Offensichtlich, wenn P-Wellen so früh wie möglich erkannt werden können, stellt dieses Zeit bereit für die Evakuierung etc. eines Gebäudes oder Gebietes zum Vermeiden eines möglichen Menschenschadens, der durch die Ankunft von S-Wellen verursacht wird, die, wie oben angedeutet, die durch geologische Formationen übertragenen Hauptzerstörungswellen sind. Eine frühe Erfassung von P-Wellen ist konventionell schwierig gewesen.

**[0004]** Im Fachgebiet sind früher verschiedene Detektoren und andere Anordnungen zum Messen von P-Wellen zum Anzeigen von S-Wellen vorgeschlagen worden. Jedoch ist in den bestehenden Anordnungen eine der Hauptschwierigkeiten das Bereit-

stellen einer ausreichenden Empfindlichkeit zum Erkennen von P-Wellen bei einer Entfernung von dem Epizentrum eines Erdbebens ohne große Kosten einzugehen. Einer weiteren Schwierigkeit ist man darin begegnet, dass es oft schwierig ist, Fehlalarme von einem echten Erdbeben zu unterscheiden, wegen einer Störung in der Messgeräteausrüstung durch Fremderschütterungen oder andere Schwingungen. Das Bereitstellen eines Detektors ist wünschenswert, der fähig ist zum Unterscheiden zwischen P-Wellen und gewöhnlichen, alltäglichen Boden- und Gebäudestößen, die keinen Bezug zu einem Erdbeben haben. Insbesondere sollten an einem Gebäude befestigte Detektoren fähig sein zum Unterscheiden zwischen den Eigenschwingungsfrequenzen der Gebäudestruktur, die eine Funktion der Struktur sind, und P-Wellen anzeigenden Frequenzen. Dasselbe kann erreicht werden mittels einer Informationsverarbeitungseinheit, die Erschütterungsdaten speichert und die programmiert ist zum Unterscheiden zwischen häufig auftretenden Frequenzen und unregelmäßig auftretenden Frequenzen innerhalb des Bereiches von P-Wellen.

**[0005]** Typisch für die Technik, die auf diesem Gebiet patentiert worden ist, ist U.S. Patent Nr. 4,689,997 (Windisch). Diese Referenz stellt einen Detektor bereit, der in erster Linie eine an einem Träger befestigte vertikale Federspitze einsetzt. An dem anderen Ende der Spitze wird ein Koppler gehalten, und dieser Koppler ist durch eine Schraubenfeder bzw. Spiralfeder mit einer Masse verbunden, die in Konzentrität mit der Spitze und dem Koppler positioniert ist. Die Feder- und Massenkomponenten sind so ausgewählt, dass sie eine Eigenresonanzfrequenz haben, die dem eines Erdbeben-Stoßes oder anderen zu erkennenden Erschütterungen entspricht. Ein Schaltkreis ist bereitgestellt zum Auslösen eines Alarms, sobald die Erdbeben-Frequenz erkannt wird. Windisch stellt nicht einen integrierten Schaltkreismechanismus bereit zur Erkennung von Erdstößen, sondern verlässt sich eher auf eine mechanische Anordnung in der Form eines Feder- und Massensystems. Wie bekannt ist, sind solche Systeme anfällig für Temperaturschwankungen, die den Punkt verändern können, bei dem die Vorrichtung die Erdbeben-Frequenz erkennen kann. Ferner scheint die Windisch-Vorrichtung kein System bereitzustellen, das zwischen leichten Fremderschütterungen und Frequenzen vom Erdbebenformat unterscheidet.

**[0006]** Caillat et al. stellt in U.S. Patent Nr. 5,101,195 einen Erdbebenunterscheidungsdetektor bereit. Die Anordnung stützt sich auf eine elektromechanische Anordnung mit einem einseitig eingespannten Gerät mit einer vorbestimmten Masse an einem Ende. Während einer Bewegung des Trägers wird ein elektrisches Signal erzeugt, welches dann wieder nützlich ist für die Erkennung von P- und S-Wellen. Ähnlich zu den oben beschriebenen De-

tektoren nach dem Stand der Technik scheint die in dieser Referenz bereitgestellte Anordnung, einen eingeschränkten Nutzen darin zu haben, dass es keine Maßnahme für einen Vergleich gibt zwischen Wellen vom Erdbebenformat und denen, die einfach unwesentlich sind, wie sie bei Verkehrserschütterungen, mechanischen Erschütterungen in einem Gebäude, Flugzeugerschütterungen etc. angetroffen werden würden.

**[0007]** U.S. Patent Nr. 5,001,466, erteilt am 19. März 1991 an Orlinsky et al., stellt einen Erdbeben-detektor bereit, der elektrisch leitfähige Flüssigkeits-schalt-Vorrichtungen zusammen mit anderen Variationen davon einsetzt.

**[0008]** Das französische Patentdokument Nr. 2,569,277 (Machin) offenbart einen Bewegungs- und Erschütterungsdetektor, der zum Erkennen von durch Personen oder Maschinen erzeugten Vibrationen geeignet ist.

**[0009]** Das japanische Patentdokument 05231039 (Koji) offenbart einen anderen Typ von Erschütterungsdetektor, der Filter zum Erkennen von Erdbeben-Signalen enthält.

**[0010]** U.S. Patent Nr. 5,101,195 (Caillat et. Al) offenbart ebenso einen Erschütterungsdetektor, der einen Filter zum Unterscheiden zwischen Nicht-Erdbebenerschütterungen und P-Wellen anzeigenden Niedrig-Frequenzerschütterungen beinhaltet.

**[0011]** Angesichts dessen, was zuvor auf dem Fachgebiet vorgeschlagen worden ist, ist es offensichtlich, dass ein Bedarf für einen höher entwickelten Erdbeben-detektor besteht, der zwischen unwesentlichen Erschütterungen und Erdbebenpegeler-schütterungen unterscheidet, der in der Empfindlichkeit nicht begrenzt ist.

**[0012]** Ferner gibt es Bedarf für einen Detektor mit der Fähigkeit zum Kommunizieren mit anderen ähnlichen Detektoren oder Servern zum Verbessern der Erkennungsfähigkeiten und entfernten Orten für die Koordinierung von Erdbebeninformation.

**[0013]** Die Genauigkeit eines Detektors kann auch erhöht werden durch in Betracht ziehen von verschiedenen P-Wellen-Charakteristika. Zum Beispiel ist herausgefunden worden, dass P-Wellen auf gefährliche Erdbeben hinweisen, wenn sie eine Dauer größer als ein bestimmter Wert haben. Für die meisten Orte beträgt dieser Wert ungefähr 15 Millisekunden, obwohl dieser an manchen Orten auch geringer ist. Ferner ist herausgefunden worden, dass Erdbeben mit einer angemessenen Genauigkeit vorhergesagt werden können, wenn mehrere mit Zwischenraum angeordnete Sensoren P-Wellen über dem zeitlichen Schwellenwert erfassen mit zwischen den erfassten P-Wellen

len auftretendem zeitlichen Überlappen.

## ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

**[0014]** Ein Ziel der vorliegenden Erfindung ist das Bereitstellen eines verbesserten Erdbeben-detektors, der zum Erfassen von Erderschütterungen bei einer ausgewählten Frequenz und zum Überprüfen fähig ist, ob die Selben ein bevorstehendes Erdbeben anzeigen. Ein weiteres Ziel ist die Bereitstellung eines Detektorsystems, das einen Zentralprozessor in Kommunikation mit mehreren mit Zwischenraum angeordneten Sensoren zum weiteren Erhöhen einer Vorauswarnung eines Erdbebens umfasst.

**[0015]** Ein anderes Ziel der vorliegenden Erfindung ist das Bereitstellen eines verbesserten Unterscheidungserdbeben-detektors zur Unterscheidung gegenüber von natürlichen strukturellen Erschütterungen.

**[0016]** Ein anderes Ziel der vorliegenden Erfindung ist das Bereitstellen eines Verfahrens des Erfassens von Erdbeben anzeigenden Erschütterungssignalen mit den wie in Anspruch 1 definierten Schritten.

**[0017]** Der Schritt des Feststellens, ob das Signal auf P-Wellen hinweist, kann das elektronische Messen der Amplitude und Dauer der Erschütterungssignale und das Feststellen, ob diese vorbestimmte minimale Pegel überschreiten, beinhalten.

**[0018]** Alternativ kann der erste und zweite Server unabhängig die Erschütterungserkennungsinformation an eine unabhängige Steuereinheit senden.

**[0019]** Wahlweise kann die Verarbeitungseinheit von dem ersten und zweiten Sensor entfernt angebracht sein und selbst einen dritten Sensor enthalten.

**[0020]** Praktischer Weise kann Information von der Verarbeitungseinheit heruntergeladen werden auf einen Computer, der programmiert ist zum Verarbeiten der Information und wahlweise Senden der Information zu entsprechenden Erdbeben-detektoren.

**[0021]** Wahlweise können die Sensoren und die Verarbeitungseinheit mittels Leuchtdioden (LEDs) kommunizieren, oder über Funk, Mikrowellen oder IR-Frequenzen.

**[0022]** Ein weiteres Ziel der vorliegenden Erfindung ist das Bereitstellen einer wie in Anspruch 13 definierten Vorrichtung.

**[0023]** In einer weiteren Ausgestaltung können die Vergleichsmittel ein Filter zum Begrenzen der Erkennung auf Erschütterungen mit einer Amplitude größer als ein vorbestimmtes Minimum und einen Zeitnehmer zum Messen der Dauer der Amplitudenspitzen enthalten. Der Alarm wird ausgelöst, wenn die Dauer

einer Amplitudenspitze einen gewählten Betrag überschreitet. Für viele Orte beträgt diese ausgewählte Dauer ungefähr 15 Millisekunden.

**[0024]** Die Sensoren können durch irgendeine bekannte Vorrichtung für Übertragungen von elektronischen Signalen verbunden sein, inklusive Kabelverbindung und kabelloser Verbindung. Die Letztere kann zum Beispiel Infrarot- und Funkfrequenzübertragung beinhalten, zum Beispiel in dem Bereich von 800–900 Megahertz.

**[0025]** In einer weiteren Ausgestaltung werden Kommunikationsverbindungen zwischen den Einheiten bei mindestens zwei verschiedenen Frequenzen aufgebaut.

**[0026]** In einer weiteren Ausgestaltung wird Information von den Sensoren in einem logischen Gerät zum Aufnehmen von Erschütterungsinformationen verarbeitet, um besser gegenüber unwichtigen Erschütterungen zu unterscheiden, und zum Bilden einer Schnittstelle mit den Alarmmitteln zum Bereitstellen eines Alarms vor einem Erdbeben.

**[0027]** In einer weiteren Ausgestaltung beinhaltet die Vorrichtung eine Zentralsteuereinheit zum Steuern des Betriebs der Sensoren. Die Steuereinheit kann auch Informationsspeicherungsmittel zum Aufnehmen und Speichern von durch die Sensoren erfassten Erschütterungsstoßinformationen enthalten. Die Steuereinheit kann ferner einen Kommunikationsanschluss, wie einen RS232 Anschluss, beinhalten, der eine Schnittstelle der Steuereinheit mit einem Computer ermöglicht, der mit Software programmiert sein kann zum Speichern und Verarbeiten der Erdschütterungsinformation.

**[0028]** Die Steuereinheit kann unabhängig von dem ersten und zweiten Sensor sein und kann selbst einen dritten Sensor enthalten.

**[0029]** Die Messwertwandler innerhalb der Sensoren wandeln die von dem Sensor erkannte Erschütterung in einen Spannungswert um, der dann wieder zu der Steuereinheit übertragen wird. Eine Spannungsspitze oberhalb eines vorgewählten Pegels zeigt auf den Sensor einwirkende P-Wellen an.

**[0030]** Die Steuereinheit beinhaltet vorzugsweise Spannungsspitzenvergleichsmittel zum Vergleichen der Dauer einer Spannungsspitze oberhalb eines gewählten Grenzwerts, zum Anzeigen eines durch beide (oder alle drei) Sensorenmittel erkannten Vorläufer-Erdbeben-Stoßes, und zum Bewerten irgendeiner zeitlichen Überlappung bei der Spannungsspitze. Die Steuereinheit beinhaltet ferner Filtermittel, wobei Spannungsspitzen mit einer Amplitude oberhalb eines gewählten Betrages auf zeitliche Überlappung verglichen werden, und Spannungsspitzen mit einer

Amplitude unterhalb des gewählten Betrages nicht so behandelt werden. Die Steuereinheit beinhaltet ferner in geeigneter Weise Anpassvorrichtungen, um dem Benutzer zu ermöglichen, die gewählte Abschalt-Dauer zum Widerspiegeln von örtlichen Erdbebenbeschaffenheiten anzupassen.

**[0031]** Nach der obigen Beschreibung der Erfindung wird nun auf die begleitenden Zeichnungen verwiesen, die die bevorzugten Ausführungsformen erläutern.

#### KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

**[0032]** [Fig. 1](#) ist ein perspektivischer Überblick der Vorrichtung gemäß einer Ausführungsform;

**[0033]** [Fig. 2](#) ist ein Längsquerschnitt der Vorrichtung von [Fig. 1](#);

**[0034]** [Fig. 3a](#) ist eine obere Draufsicht der oberen Befestigungsplatte der Vorrichtung;

**[0035]** [Fig. 3b](#) ist eine untere Draufsicht des Befestigungshalters;

**[0036]** [Fig. 4](#) ist eine schematische Abbildung der elektrischen Elemente gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

**[0037]** [Fig. 5](#) ist ein Blockdiagramm, das den Betrieb einer Vorrichtung zum Erkennen von Erdbeben-Aktivität gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

**[0038]** [Fig. 6](#) ist ein Blockdiagramm, das den Betrieb einer Vorrichtung zum Erkennen von Erdbeben-Aktivität gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

**[0039]** [Fig. 7](#) ist ein Blockdiagramm, das eine dritte Ausführungsform der Erfindung erläutert; und

**[0040]** [Fig. 8](#) ist ein Blockdiagramm, das eine vierte Ausführungsform der Erfindung erläutert.

**[0041]** Ähnliche Zahlensymbole in den Abbildungen bezeichnen ähnliche Elemente.

#### DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

**[0042]** Bezugnehmend auf die Zeichnungen zeigt [Fig. 1](#) eine mögliche Ausführungsform des diskreten Erdbebenalarms, allgemein durch Zahlensymbol **10** gekennzeichnet. Die Vorrichtung beinhaltet eine Frontseite **12** mit entgegengesetzten Enden **14** und **16** und eine Rückseite **18**. Eine obere Befestigungsplatte **20**, in Draufsicht in [Fig. 3b](#) gezeigt, ist mit zwei voneinander entfernten Ösen **22** und **24** ausgestattet

zum Befestigen der Vorrichtung **10** an einem Träger wie einem Gebäude etc. (nicht gezeigt). Eine untere Platte **26** ist mit zwei Öffnungen **28** und **30** ausgestattet. Öffnung **28** erhält einen Rücksetzknopf (nicht gezeigt), um den hier im nachfolgenden besprochenen Schaltkreis zurückzusetzen. Öffnung **30** erhält eine Leuchtdiode (LED) (nicht gezeigt), deren Zweck weiter unten besprochen werden wird.

**[0043]** [Fig. 2](#) erläutert einen Längsquerschnitt der Vorrichtung **10**, in dem ein piezoelektrisches Alarmentelement **32** als strichpunktierte Linie gezeigt ist. Das piezoelektrische Element **32** ist zum Erzeugen eines hörbaren Signals entworfen, sobald die Vorrichtung aktiviert ist und anzeigt, dass ein Erdbeben bevorsteht. Frontseite **12**, wie in [Fig. 2](#) illustriert, enthält Ränder **34** und **36**, die jeweils in zusammenwirkenden Aussparungen **39** und **40** auf der Vorrichtung **10** gehalten werden.

**[0044]** Mit Bezug auf [Fig. 4](#) ist ein Beispiel der in der Vorrichtung **10** eingesetzten Schaltungsanordnung in schematischer Darstellung gezeigt. Die Vorrichtung stellt einen Messwertwandlerschaltkreis bereit, allgemein durch Zahlensymbol **42** gekennzeichnet, zum Erkennen ankommender Signale. Die ankommenden Signale werden durch einen Potentiometerschaltkreis **44** gefiltert, der die Widerstände R1, R2 und Potentiometer P1 umfasst. Der Potentiometerschaltkreis **44** ermöglicht die Anpassung einer gewählten Frequenz oder Frequenzen, die der übrigen Schaltungsanordnung zugeführt werden sollen und die die Eigenoberschwingungen des Gebäudes darstellen. Sobald ein Signal ausgewählt worden ist, kann das Selbige zu dem Verstärkungsteil des Schaltkreises weitergereicht werden, der weitgehend Widerstände R3, R4, R5 und UART Chip **4** (U4 Spannungsquelle  $V_{cc}$ ) umfasst. Der Verstärkungsschaltkreis wird allgemein durch Zahlensymbol **46** gekennzeichnet. Das verstärkte Signal wird an einen Detektor **48** weitergeleitet, wobei der Detektor einen UART Chip U1A umfasst. Das erfasste Signal wird zu einem logischen Schaltkreis weitergeleitet, der durch Zahlensymbol **50** gekennzeichnet ist und der ein Paar von verbundenen UART Chips U1B und U1C umfasst. Der Logik-Schaltkreis vergleicht das ankommende Signal mit dem Eigenoberschwingungsfrequenzsignal des Gebäudes und ein Vergleich wird durchgeführt, um zu bestimmen, ob das ankommende Signal unterhalb der vorbestimmten Eigenfrequenz des Gebäudes ist. Wenn das Signal diesen letzteren Betrag überschreitet, ist das Ergebnis die Auslösung des hier im nachfolgenden beschriebenen Alarms. Ein Schaltkreis zum manuellen Zurücksetzen ist durch die Kombination des UART Chips U2A und Diode D1A bereitgestellt, wobei der Schaltkreis zum manuellen Zurücksetzen durch Zahlensymbol **52** gekennzeichnet ist. Es wird auch ein Schaltkreis zum automatischen Zurücksetzen bereitgestellt mit Diode D1B und UART Chip U2B und Widerstand R7. Der Schaltkreis zum

automatischen Zurücksetzen ist mit Zahlensymbol **54** gekennzeichnet. Ein automatisches Zurücksetzen des Systems wird nach 2 Minuten des Alarmläutens auftreten. Diese Absperrvorrichtung ist variierbar. Zahlensymbol **56** stellt einen konventionellen Uhrschaltkreis dar mit einem Kondensator C2 und Widerständen R9, R10.

**[0045]** Der Schaltkreis ist zum Bereitstellen von 2 Minuten des Alarmläutens entworfen. Uhrschaltkreis **56** ist verbunden mit dem Hauptzählerchip **58**, der als das Hauptverteilungssystem für den Schaltkreis arbeitet. Die gesamte Anordnung ist mit Chip **58** verbunden. Zahlensymbol **60** bezeichnet allgemein einen konventionellen Summer oder Alarmschaltkreis, der aus Widerständen R16, R17, Kondensator C3, UART Chips U2D und U2C und Piezoelektrik-Schaltkreis BZ1 und auch Diode D7 zusammengesetzt ist. Der Summer wird durch die Dioden D3A und D3B moduliert und diese zusammen bilden den mit dem Hauptzählerchip **58** verbundenen Modulationsschaltkreis **62**.

**[0046]** Die Vorrichtung kann angepasst sein zum Bilden einer Schnittstelle mit einem existierenden Gebäudesystem, das angepasst sein kann zum Auslösen unter anderem folgender Reaktionen:

- hörbarer Alarm
- Gaszufuhrunterbrechung
- Aufzugsunterbrechung
- Einschränken von Betankungsoperationen

**[0047]** Zahlensymbol **64** stellt einen optionalen Batterieüberprüfungsschaltkreis mit Niederspannungs-Detektorlampen dar zum Anzeigen, ob das System betriebsbereit ist. Dieser ist als strichpunktierte Linie gezeigt. Die Anordnung ist ausgestattet mit Dioden D4A, D4B, D5A, D5B und D6 und Widerständen R13 bis R14 als auch Transistoren Q1, Q2 und Leuchtdioden 1/G und 1/R.

**[0048]** In anderen Ausführungsformen des Schaltkreises können geeignete integrierte Schaltkreise eingesetzt werden, die MC14467PI, MC14468P, MC145010DW, alle von Motorola, SD2 von Supertex und 5348 von Allegro Electronics enthalten. Andere geeignete Beispiele werden vom Fachmann erkannt werden.

**[0049]** Bei einer anderen Ausführungsform kann der mit Chip **58** verbundene Uhrschaltkreis **56** entfernt sein, wie als strichpunktierte Linie in [Fig. 4](#) gezeigt.

**[0050]** Mit der vorliegenden Erfindung ist festgestellt worden, dass Vorrichtung **10** an jedem geeigneten Punkt in der Infrastruktur eines Gebäudes (nicht gezeigt) befestigt werden kann, zum Beispiel einer Wand. Dies ist nützlich mit dem vorliegenden System, weil ein Vergleichsschaltkreis bereitgestellt ist zum Bestimmen, ob ein ankommendes Signal bloß

wegen unwesentlicher bzw. äußerer mechanischer Erschütterungen vorliegt, sowie die, die angetroffen werden würden von einem Flugzeug, schwerem Verkehr, interner Erschütterung, etc.. Sobald die Eigenfrequenz des Gebäudes bestimmt ist, kann auf diese Weise diese durch den Potentiometerschaltkreis vor eingestellt werden und deshalb, wenn ein ankommendes Signal geringer als diese Frequenz ist, kann die Logik des Schaltkreises, Zahlensymbol **50** in [Fig. 4](#), dann dieses ankommende Signal mit der vorbestimmten Eigenfrequenz des Bauwerkes vergleichen, um zu bestimmen, ob der Wert in der Tat ausreichend ist zum Auslösen des Alarms **60**. In Geräten nach dem Stand der Technik ist kein solcher Vergleichsschaltkreis bereitgestellt worden, und ferner stellen die Systeme keine rein elektronischen Komponenten bereit, sondern waren auf elektromechanische Anordnungen oder einfache mechanische Anordnungen angewiesen, die alle anfällig sind auf Temperaturschwankungen, Empfindlichkeitseinschränkungen, etc.. Durch Aufnehmen vollelektronischer Komponenten in der Vorrichtung der vorliegenden Erfindung existieren keine solchen Einschränkungen. Dies wird besonders durch die Tatsache ergänzt, dass der Schaltkreis Fehlalarme verhindert und tatsächlich eingestellt werden kann zum "Herausfiltern" von unwesentlichen bzw. äußeren Erschütterungen, so dass sich nur ein Durchtritt von P-Wellen, den Vorläufern von S-Wellen, ergibt.

**[0051]** Ein besonders attraktiver Vorteil der vorliegenden Anordnung ist, dass der Vergleichslogik-Schaltkreis **50** nicht kontinuierlich läuft zum Vergleichen von Bodenerschütterungen mit P-Wellenerschütterungen, sowie es eine Haupteinschränkung in der Anordnung nach dem Stand der Technik ist. Sobald bei der vorliegenden Erfindung eine Spannung den Schwellenwert erreicht zwischen Detektorschaltkreis **48** und Logikschaltkreis **50**, wird dann die Anordnung ausgelöst. Dem gemäß liegt keine kontinuierliche Leistungsaufnahme bei der vorliegenden Anordnung vor, und dieses führt selbstverständlich schon an sich zu einem verlässlicheren und effizienteren Schaltkreis.

**[0052]** In einer besonders bevorzugten Ausführungsform kann die Vorrichtung **10** mit irgendwelchen bekannten Abfühlmitteln kombiniert werden. Die Abfühlmittel können an irgendeiner Position innerhalb eines Raumes platziert sein, um das Signal zwischen der Vorrichtung **10** und irgendeinem solchen Abfühlmechanismus zu bestätigen. Auf diese Weise können die Vorrichtungen **10** und der zweite Abfühlmechanismus beide bestätigen, dass das durch die Vorrichtung **10** empfangene Signal tatsächlich ein bevorstehendes Erdbeben anzeigt. Die Übertragung zwischen dem zweiten Abfühlmechanismus und Vorrichtung **10** kann durch irgendein bekanntes Verfahren erreicht werden, das heißt Infrarotübertragung, Mikrowellen, etc.. Um einen Vergleich zwischen den

zwei Signalen zu ermöglichen, kann ein Vergleichsschaltkreis eingesetzt werden. Solche Schaltkreise sind wohlbekannt und im Stand der Technik zur Schau gestellt. Sobald das Signal verglichen ist, kann eine Bestimmung der Signalstärke erfolgen, die ausreichend ist oder nicht ausreichend ist zum Auslösen des Alarms. Durch Bereitstellen dieser Anordnung wird der Vorteil des Verhinderns von Fehlalarmen überaus erhöht gegenüber Anordnungen nach dem Stand der Technik. Der zweite Abfühlmechanismus kann jede Anzahl von existierenden Sensoren enthalten, einschließlich ein- oder dreiachsigen Sensoren, und es wird verstanden werden, dass diese Erklärung nicht auf nur eine einzige Einheit beschränkt ist.

**[0053]** Eine weitere Ausführungsform ist in [Fig. 7](#) gezeigt. In dieser Version umfasst eine eigenständige Einheit **200** einen Sensor **202**, einen Filter **204**, einen Zeitnehmer **208**, Steuereinheit **210** und Alarm **212**. Diese Elemente sind alle innerhalb eines Gehäuses verbunden, das nicht gezeigt ist. Das Filter lässt den Durchtritt von durch den Sensor erfassten Signalen mit einer P-Wellen anzeigenden Frequenz zu. Der Zeitnehmer **208** bewertet die Dauer der ausgewählten Signale. Die Steuereinheit **210** bewertet die Spannung des Signals, die die Amplitude der erfassten Erschütterung anzeigt, und löst den Alarm **212** aus, wenn die Dauer und Amplitude eines ausgewählten Signals vorbestimmte Minima überschreitet. Für die meisten Orte beträgt die minimale Dauer von Interesse ungefähr 15 Millisekunden.

**[0054]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann, sobald die Signalbestimmung durchgeführt worden ist und die P-Wellen-Frequenz erkannt worden ist, diese Information über einen Sender zu entfernt lokalisierten Sensoren in anderen Gebäuden oder in anderen geographischen Gebieten weitergegeben bzw. übertragen werden. Vom Fachmann wird erkannt werden, dass die Übertragung des Signals durch irgendeines der bekannten Verfahren erreicht werden kann, die aktuell zur Signalübertragung eingesetzt werden, inklusive Telekommunikation, Internet, etc..

**[0055]** [Fig. 5](#) stellt ein Gesamtflussdiagramm zum Bereitstellen einer Signalüberprüfung und der entfernt lokalisierten Weitergabe oder Übertragung des Signals zur Schau.

**[0056]** Eine weitere Ausführungsform der Erfindung ist schematisch in [Fig. 6](#) illustriert. Doppelte Sensoren **100** und **102** sind bereitgestellt zum Befestigen an einer festen Oberfläche wie einer Gebäudewand bei getrennten voneinander entfernten Orten, zum Beispiel auf entgegengesetzten Seiten eines Gebäudes oder innerhalb zweier getrennter Gebäude. Jeder Sensor umfasst Erschütterungserkennungsmittel vom Messwertwandler-Typ zum Umwandeln von Er-

schütterungsbewegung in ein elektrisches Signal, wie oben beschrieben. Sensoren **100**, **102** sind mit Sendern **104** und **106** verknüpft zum Übertragen von Signalen von den Sensoren über verdrahtete oder drahtlose Verbindungen, inklusive Infrarot, Funkfrequenz oder sichtbare Lichtfrequenzen. Alternativ können die Signale durch eine Leitung übertragen werden, und die Sender umfassen in diesem Fall einfach Stöpsel zur Installation einer Leitung. Die durch die Sender übertragenen Signale werden von entsprechenden Empfängern **106** und **108** empfangen, die mit einer Verarbeitungseinheit **120** verbunden sind. Die Verarbeitungseinheit **120** kann eine selbstständige Einheit umfassen, oder kann alternativ mit einem der Sensoren **100** oder **102** integriert und fest verdrahtet mit dem entsprechenden Sensor sein. Von jedem Empfänger **106** und **108** werden die elektronischen Signale durch ein entsprechendes Bandpassfilter **110**, **102** übertragen. Die zwei Bandpassfilter werden auf der Empfängerseite verwendet, um die zwei Sender basierend auf (frequenzmodulierten) Trägersignalen zu unterscheiden. Ein geeignetes Bandpassfilter ist Modell ML2110 von MicroLinear™. In einem Beispiel ist die erste Sensor/Filter-Kombination auf 4,7 Kilohertz abgestimmt und die zweite Sensor/Filter-Kombination ist auf 2,9 Kilohertz abgestimmt. Jedes Bandpassfilter ist mit einem entsprechenden Zeitnehmer-Schaltkreis und Uhrinheit **114**, **116** verbunden. Der Zeitnehmer-Schaltkreis und die Uhrinheiten führen zwei Tätigkeiten durch. Erstens sind sie angepasst zum Herausfiltern von Signalen mit einer Dauer kürzer als eine vorgewählte Dauer. Zum Beispiel ist für viele Orte festgestellt worden, dass Erdstöße ein bevorstehendes bedeutsames Erdbeben anzeigen, wenn sie eine Amplitude größer als ein gewählter Pegel (P-Wellen anzeigend) mit dieser Amplitudenspitze mit einer Dauer größer als ungefähr 15 Millisekunden haben. Wenn die Amplitudenspitze geringer als diese ist, wird ein bedeutsames Erdbeben nicht angezeigt. Es ist festgestellt worden, dass die Dauer an verschiedenen Orten auf dem Globus verschieden sein kann, abhängig vom Erdbodentyp und anderen Faktoren.

**[0057]** Dementsprechend sind Anpassungsmittel bereitgestellt zum Verändern der Abschalt-Dauer abhängig von der Region, in der das Gerät installiert ist. Eine weitere Funktion des Zeitnehmer-Schaltkreises/der Uhrinheit ist das Korrelieren und Vergleichen von Spannungsspitzeninformation mit ähnlicher Information von entsprechenden Einheiten, wie weiter unten erläutert.

**[0058]** Der Signalvergleichsschaltkreis **118** empfängt Signale von dem Zeitnehmer-Schaltkreis/den Uhrheiten **114** und **116**. Der Signalvergleichsschaltkreis führt die Tätigkeit des Bewertens irgendeiner zeitlichen Überlappung von den von dem jeweiligen Zeitnehmer-Schaltkreis/Uhrheiten empfangenen Signalen durch und enthält auch einen

Potentiometerschaltkreis zum Vergleichen der Frequenz des ankommenden Signals mit der vorbestimmten Eigenfrequenz des Gebäudes wie weiter oben erläutert. Ferner bewertet der Signalvergleichsschaltkreis die Amplitude der Spannungsspitze der ankommenden Frequenzen, die die Amplitude des erfassten Erschütterungssignals anzeigt.

**[0059]** Der Alarmbestätigungslogik-Schaltkreis **130** empfängt von dem Signalvergleichsschaltkreis **118** Information bezüglich der Spannungsspitzenamplitude, Dauer und Dauer irgendeiner zeitlichen Überlappung zwischen von den zwei Sensoren empfangenen Signalen, und vergleicht diese Information mit einem vorgewählten Alarmpegel. Bei dem Ereignis, das die Amplitude und Dauer einer Signalspitze und Dauer einer Überlappung zwischen von den zwei Sensoren empfangenen Signalen den vorgewählten Pegel überschreitet, wird der Alarm **134** ausgelöst.

**[0060]** Eine Datenspeicherungseinheit **140**, die entfernt von der Signalvergleichseinheit **118** oder verbunden mit dieser sein kann, empfängt Daten von der Signalvergleichseinheit **118** zur Speicherung und zum späteren Betrachten durch den Benutzer. Daten von der Datenspeicherungseinheit **140** können heruntergeladen werden auf einen Computer mittels eines RS232-Anschlusses oder irgendwelchen anderen geeigneten Computerverbindungsrichtungen. Computer **144** kann ferner die Daten verarbeiten und im Besonderen historische Stoß-Daten mit irgendwelchen Daten vergleichen, die sich auf einen bei einer gegebenen Zeit von der Vorrichtung empfangenen Stoß beziehen. Diese Information erlaubt dem Benutzer das weitere Anpassen der Vorrichtung zum Reagieren auf die örtliche Beschaffenheit und zum Verhindern von Fehlalarmen. Ferner kann der Computer **144** mit anderen ähnlichen Vorrichtungen an entfernten Orten über Telekommunikationsrichtungen verbunden sein.

**[0061]** Ein weiteres Merkmal der vorliegenden Erfindung liegt in der Fähigkeit des Einsetzens der Sensoren an irgendeinem Ort, wie oben beschrieben, ohne die Erfordernis eines getrennten Messwertwandlers zur Reaktion auf lokale Beschaffenheiten. Zu diesem Zweck sind die Filter **110** und **112** und die verschiedenen Logik-Schaltkreise anpassbar, wobei die Abtrennfrequenz, oberhalb derer Erschütterungssignale nicht verarbeitet werden, durch den Benutzer gemeinsam mit der vorgeschriebenen durch den Benutzer vorgewählten Frequenzdauer verändert werden kann.

**[0062]** [Fig. 8](#) erläutert eine Variation dieser Vorrichtung, in der die Hauptsteuereinheit **300** einen dritten Sensor **302** einschließt, der direkt mit einem dritten Filter **304** verbunden ist. Diese Version stellt eine erhöhte Empfindlichkeit bereit.

**[0063]** Die vielfachen Sensoren können an getrennten Gebäuden oder anderen Bauwerken bzw. Konstruktionen befestigt und individuell mit der Steuerungseinheit fest verdrahtet sein. Die entfernte Unterbringung der Sensoren erhöht auf diese Weise die Empfindlichkeit des Detektors.

**[0064]** Obwohl Ausführungsformen der Erfindung oben beschrieben worden sind, ist diese nicht darauf beschränkt, und es wird für den Fachmann, den dieses Vorhaben betrifft, offensichtlich sein, dass zahlreiche Modifikationen und Abweichungen einen Teil der vorliegenden Erfindung bilden, soweit diese nicht von dem Geist, der Natur und dem Anwendungsbereich der beanspruchten und beschriebenen Erfindung abweichen.

### Patentansprüche

1. Verfahren zum Erkennen von Erschütterungssignalen von einem oder mehreren stationären Objekten, wobei diese Signale ein bevorstehendes Erdbeben anzeigen, von der Art, die Folgendes umfasst: Bereitstellen eines Sensors zum Erkennen von Erschütterungssignalen und Anbringen des Sensors an einer festen Konstruktion, gekennzeichnet durch folgende Schritte:

Bereitstellen eines ersten und eines zweiten Sensors (**100**, **102**) zum Erkennen von Schwingungen innerhalb einer Konstruktion, die auf Schwingungen eines festen Substrats reagiert, auf dem der Sensor eine Potentiometerschaltung ist, die jeweils Folgendes aufweisen: eine elektronische Erkennungsschaltung, um die Schwingungen in elektronische Signale umzuwandeln, eine Potentiometerschaltung und einen Sender (**104**, **106**), um die elektronischen Signale über ein Sendemittel zu übertragen;

Bereitstellen einer Verarbeitungseinheit (**120**) mit einem Empfangsmittel (**108**, **108**) zum Empfangen elektronischer Signale, die durch die Sensoren übertragen werden, und mit einer Logikschaltung, die ein Zeitnehmermittel (**114**) zum Messen der Dauer der von den Sensoren kommenden Signale enthält;

Anbringen des ersten und zweiten Sensors an der festen Konstruktion;

Feststellen der Eigenschwingungsfrequenzen der Konstruktion;

Voreinstellen der Potentiometerschaltung auf die Schwingungsfrequenzen der Konstruktion;

elektronisches Vergleichen aller von außen kommenden Schwingungssignale, die sich von den voreingestellten Schwingungsfrequenzen der Konstruktion unterscheiden, mit der Logikschaltung und Durchlassen von elektronischen Signalen, die P-Wellen anzeigen, welche auf die Konstruktion einwirken;

Messen der Dauer und zeitlichen Überlappung der Signale, die P-Wellen von jedem der Sensoren anzeigen, mit der Zeitnehmerschaltung;

Feststellen, ob die Dauer und zeitliche Überlappung der von außen kommenden Signale zuvor festgeleg-

te Grade übersteigen, die ein bevorstehendes Erdbeben anzeigen; und  
Aktivieren eines Reaktionsmittels, wenn die Dauer und zeitliche Überlappung ein bevorstehendes Erdbeben anzeigen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die elektronischen Signale unter Verwendung eines Infrarotsignalübertragungsmittels von den Sensoren zu dem Verarbeitungsmittel übertragen werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die elektronischen Signale unter Verwendung eines Funkfrequenzübertragungsmittels von den Sensoren zu dem Verarbeitungsmittel übertragen werden.

4. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die elektronischen Signale unter Verwendung eines optischen Lichtübertragungsmittels von den Sensoren zu dem Verarbeitungsmittel übertragen werden.

5. Verfahren nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch den weiteren Schritt des Verarbeitens der Signale in dem Verarbeitungsmittel mit einem ersten und einem zweiten Bandpassfilter, die jeweiligen Sensoren zugeordnet sind, um zu ermöglichen, dass Sendesignale von den jeweiligen Sensoren getrennt in dem Verarbeitungsmittel verarbeitet werden können.

6. Verfahren nach Anspruch 1, wobei von dem Verarbeitungsmittel kommende elektronische Signale zum Zweck der weiteren Informationsverarbeitung auf einen Computer heruntergeladen werden.

7. Verfahren nach Anspruch 1, umfassend den weiteren Schritt des Feststellens der Amplitude der Signale mit den Sensoren und Aktivieren des Reaktionsmittels, wenn die Amplitude einen ausgewählten Grad für die ausgewählte Zeitdauer übersteigt.

8. Verfahren nach Anspruch 1, umfassend den weiteren Schritt des Bereitstellens eines dritten Sensors, der mit dem Verarbeitungsmittel verbunden ist.

9. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Reaktionsmittel einen akustischen Alarm umfasst.

10. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Reaktionsmittel ein Gaszufuhrunterbrechungsmittel umfasst, das bei Erkennen eines Erdbebenererschütterungssignals ausgelöst wird.

11. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Reaktionsmittel ein Aufzugsunterbrechungsmittel umfasst, das bei Erkennen des Erdbebenererschütterungssignals ausgelöst wird.

12. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Reaktionsmittel ein Betankungsvorgangunterbrechungsmittel umfasst, das bei Erkennen des Erdbebener-



schütterungssignals ausgelöst wird.

13. Elektronischer Detektor zum Erkennen von Schwingungssignalen einer oder mehrerer stationärer Konstruktionen, die auf einem Substrat angeordnet sind und eine oder mehrere Eigenschwingungsfrequenzen aufweisen, und zum Feststellen, ob das Schwingungssignal ein P-Wellensignal ist, von der Art, die Folgendes umfasst:

einen ersten und einen zweiten Sensor (**100, 102**), die jeweils einen Schwingungserkennungsmesswertwandler zum Erkennen von Schwingungen der stationären Konstruktion und zum Umwandeln der Schwingungen in elektrische Signale, die der Frequenz der Schwingungen entsprechen, aufweisen; Übertragungsmittel (**104, 106**), die jedem der Sensoren zugeordnet sind, zum Übertragen der elektronischen Signale; eine Verarbeitungseinheit (**120**) mit Empfangsmitteln (**107, 108**), die jedem Übertragungsmittel zugeordnet sind, zum Empfangen und getrennten Verarbeiten der elektronischen Signale; Filtermittel (**110, 112**) zum Auswählen und Herausfiltern von Signalen, welche die Eigenschwingungsfrequenzen der Konstruktion anzeigen, während sie Signale, die P-Wellen anzeigen, passieren lassen; Signalvergleichsmittel (**300**) innerhalb der Verarbeitungseinheit zum Vergleichen der Dauer und zeitlichen Überlappung zwischen den elektronischen Signalen, die P-Wellen anzeigen, um zu verifizieren, ob die Signale einen bestimmten Grad übersteigen, der ein bevorstehendes Erdbeben anzeigt.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, wobei sowohl die zuvor festgelegte Amplitude als auch die zuvor ausgewählte Dauer einstellbar sind.

15. Vorrichtung nach Anspruch 13, wobei die Verarbeitungseinheit einen Datendownload-Port (**142**) zum Anschließen an einen Computer enthält.

16. Vorrichtung nach Anspruch 13, wobei die Vorrichtung des Weiteren durch ein Verstärkermittel zum Verstärken eines gefilterten Signals gekennzeichnet ist.

17. Vorrichtung nach Anspruch 16, des Weiteren gekennzeichnet durch Potentiometerschaltungsmittel zum Konditionieren eines verstärkten Signals.

18. Vorrichtung nach Anspruch 13, wobei wenigstens der erste oder der zweite Sensor und die Verarbeitungseinheit durch Mittel kommunizieren, die aus folgender Gruppe ausgewählt sind: Infrarotsignalübertragung; Funkfrequenzkommunikation; Optische Lichtübertragungsmittel; und mehrere lasergestützte Leuchtdioden.

19. Vorrichtung nach Anspruch 13, des Weiteren

gekennzeichnet durch ein Amplitudenauswahlmittel zum Herausfiltern von Signalen, die eine Schwingungsamplitude anzeigen, die unterhalb eines ausgewählten Grades liegt, und wobei die Signalvergleichsmittel nur die Dauer und zeitliche Überlappung von Signalen messen, die von dem ersten und dem zweiten Sensor erzeugt wurden und durch das Amplitudenauswahlmittel ausgewählt wurden und über dem ausgewählten Stärkegrad liegen.

20. Vorrichtung nach Anspruch 13, des Weiteren gekennzeichnet durch ein drittes Sensormittel, das mit dem Verarbeitungsmittel verbunden ist.

21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 20, die des Weiteren Reaktionsmittel umfasst, welche bei Erkennen der P-Welle ausgelöst werden und aus folgender Gruppe ausgewählt sind: Aufzugsunterbrechungsauslösemittel; Betankungsvorgangunterbrechungsmittel; und ein akustisches Alarmmittel.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

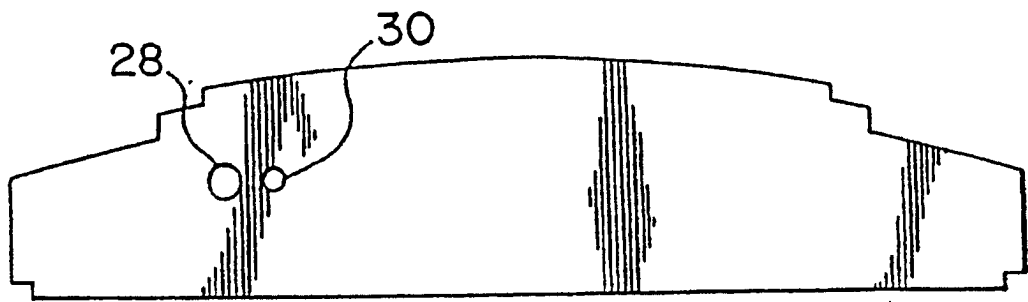
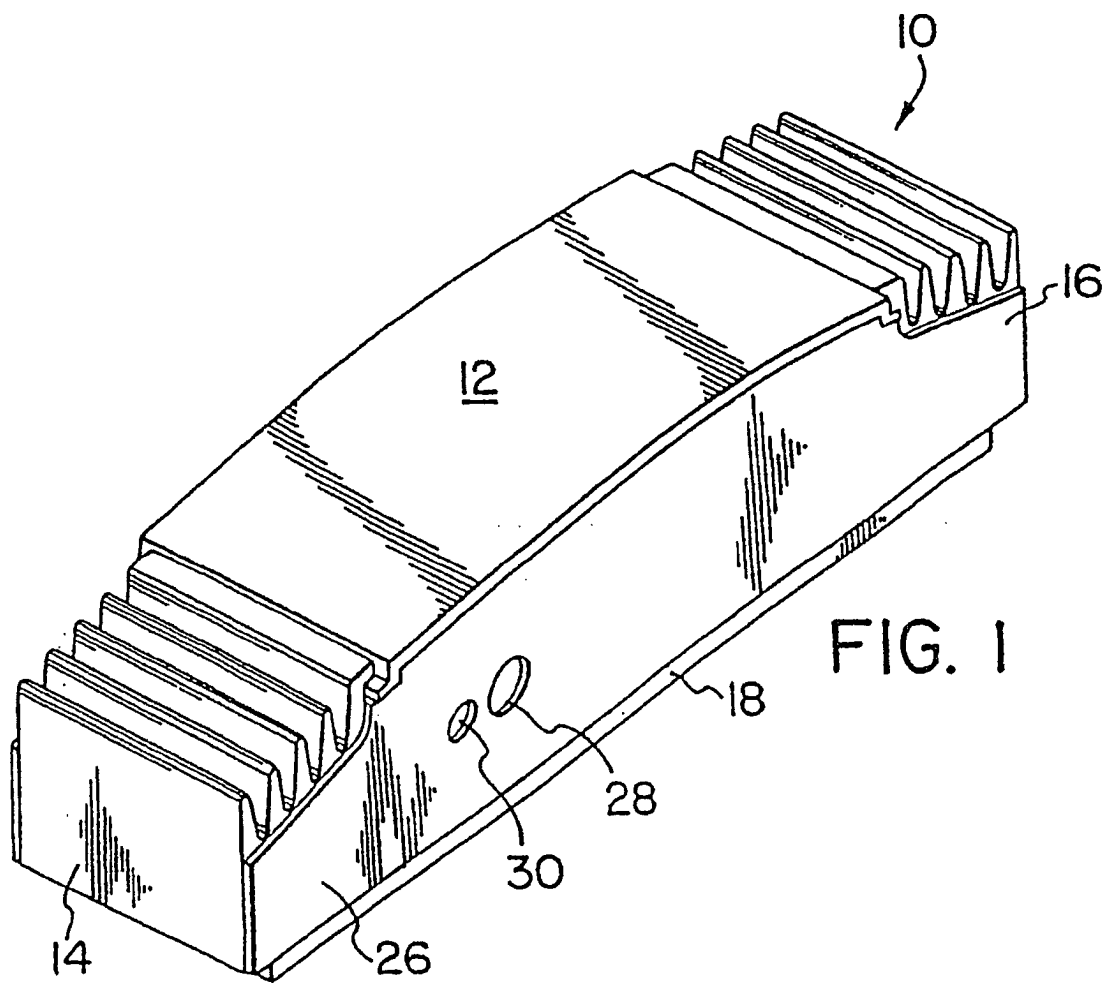


FIG. 3A

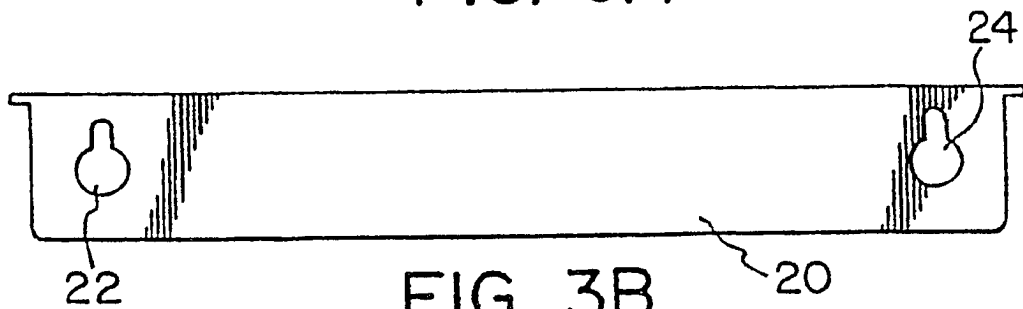


FIG. 3B

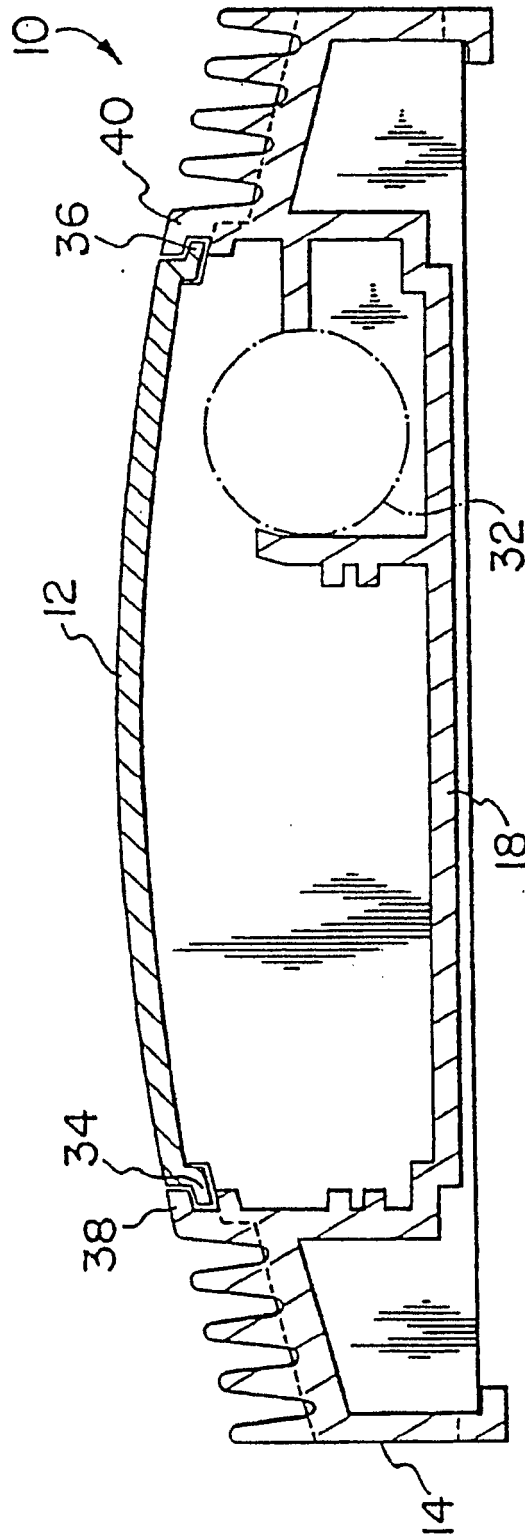


FIG. 2

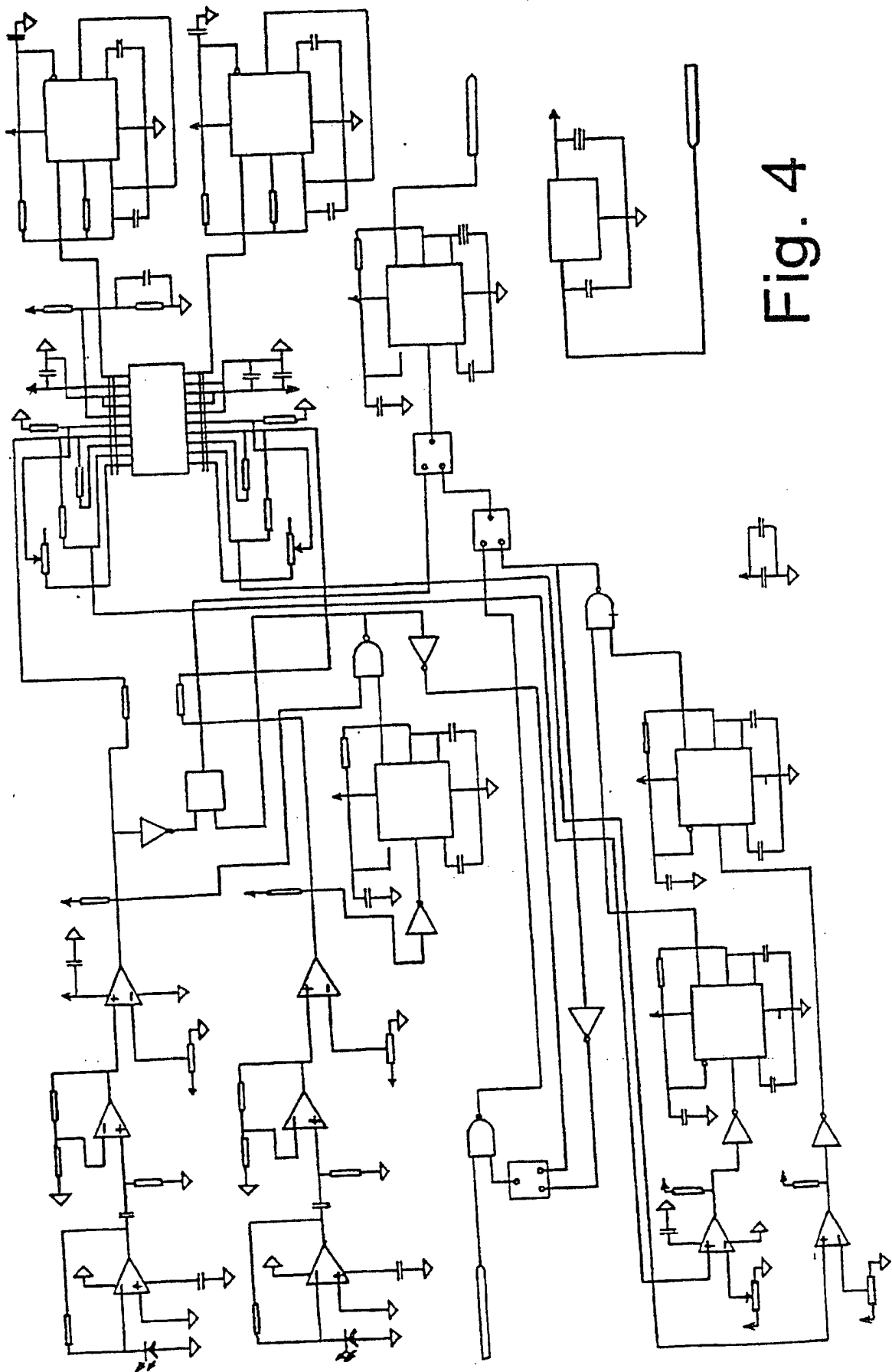
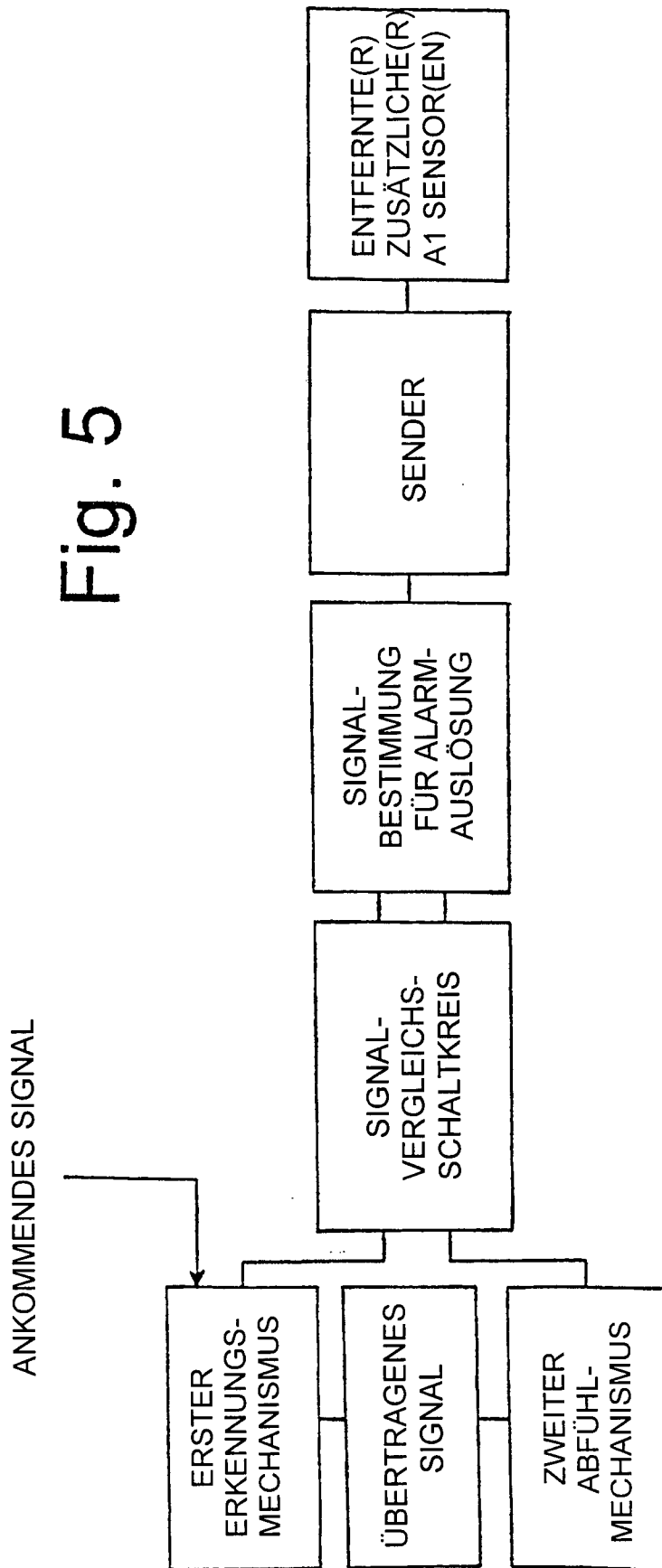


Fig. 4



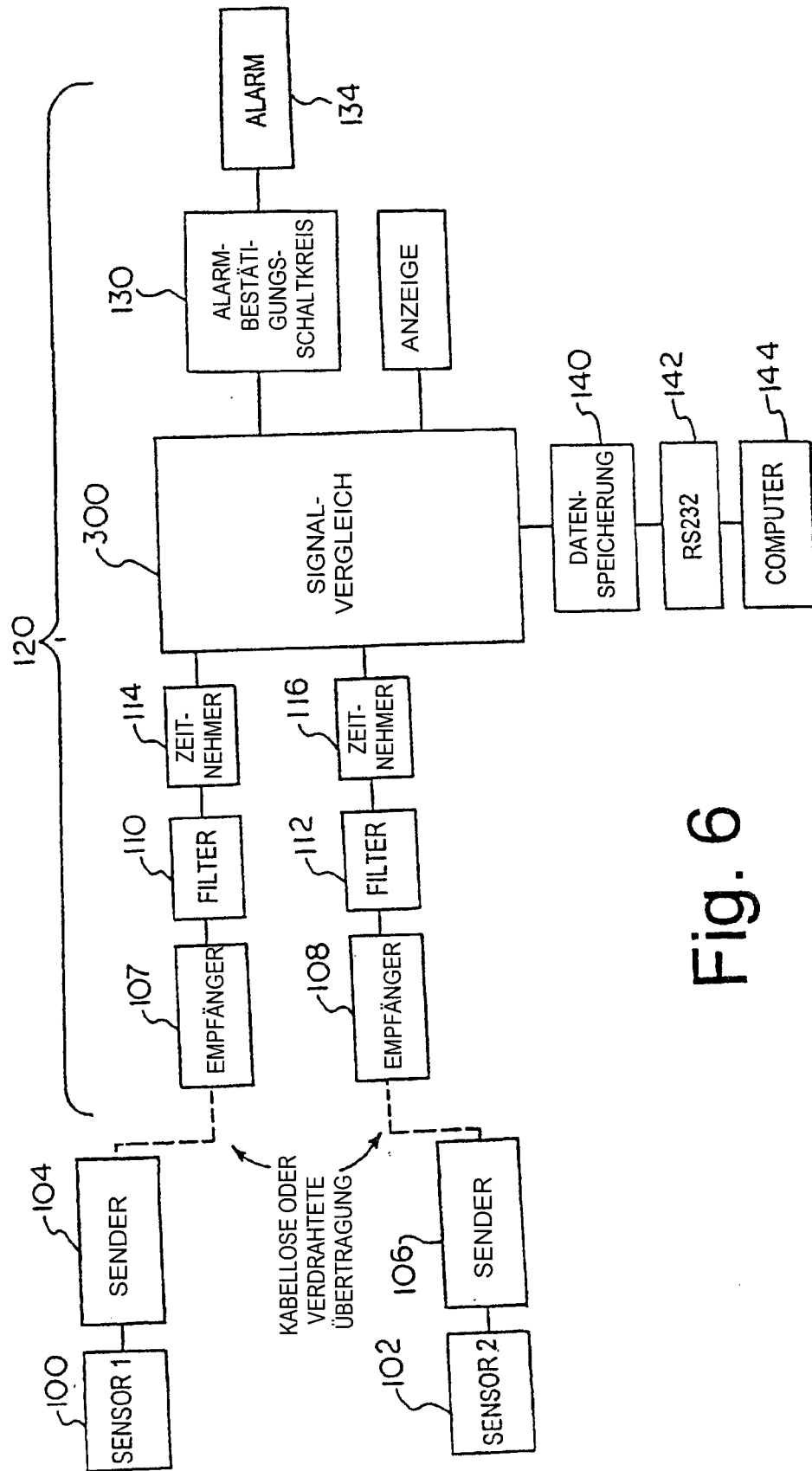


Fig. 6

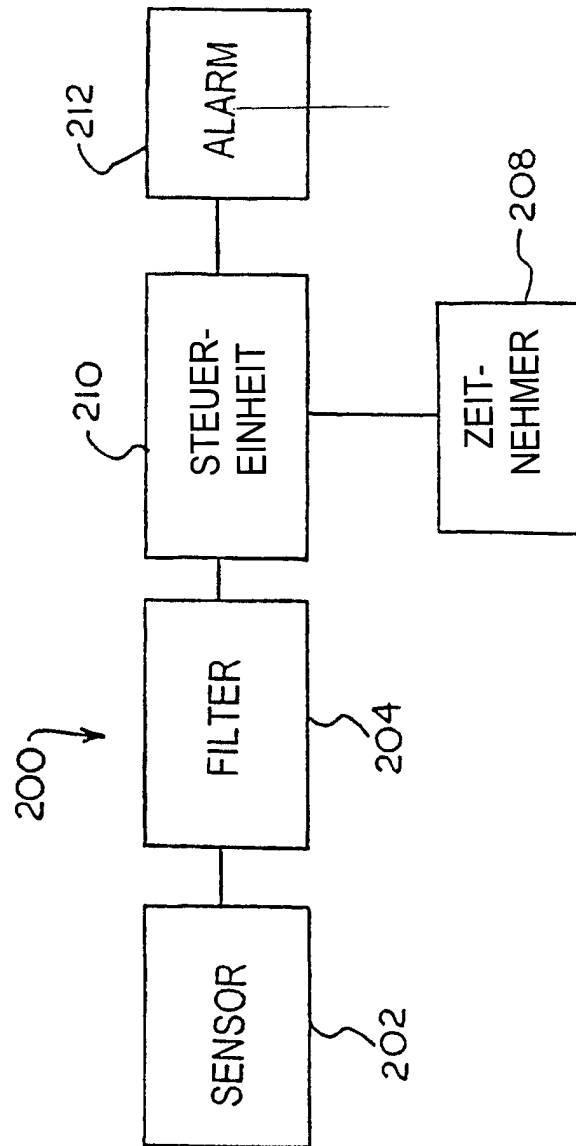


Fig. 7

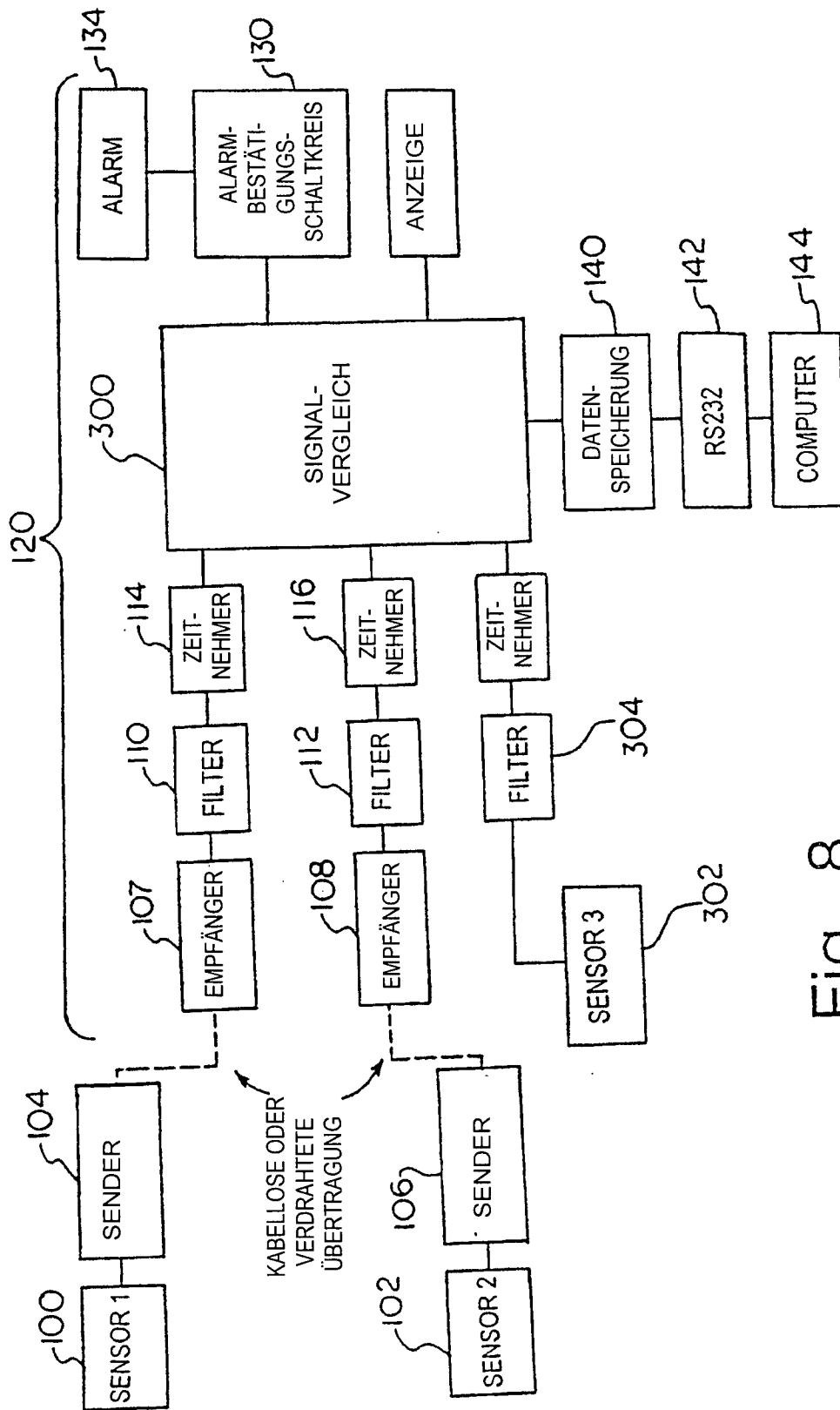


Fig. 8