

 12

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

 21 Anmeldenummer: 89111749.1

 51 Int. Cl.4: **G08B 13/20**

 22 Anmeldetag: 28.06.89

 30 Priorität: 28.06.88 CH 2443/88

 72 Erfinder: **Genähr, Rudolf**  
**Breitenloostrasse 4**  
**CH-8708 Männedorf(CH)**  
 Erfinder: **Mahler, Hansjürg**  
**Luegetenweg 2**  
**CH-8634 Hombrechtikon(CH)**

 43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**03.01.90 Patentblatt 90/01**

 64 Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH DE ES FR GB IT LI NL SE**

 74 Vertreter: **Tiemann, Ulrich, Dr.-Ing. et al**  
**c/o Cerberus AG Patentabteilung Alte**  
**Landstrasse 411**  
**CH-8708 Männedorf(CH)**

 71 Anmelder: **CERBERUS AG**  
**Alte Landstrasse 411**  
**CH-8708 Männedorf(CH)**

 54 **Anordnung und Verfahren zur Eindringdetektion.**

 57 Eine Eindringdetektionsanordnung zur Überwachung einer Grenze gegen Betreten durch nicht autorisierte Personen oder Überfahren durch Fahrzeuge weist zwei im Abstand voneinander in den Boden verlegte Sensorschläuche (S), die mit einem den Schall leitenden Fluid gefüllt sind, auf. Um eine erhöhte Empfindlichkeit und verbesserte Selektivität, sowie eine verbesserte Möglichkeit zur Lokalisation eines Eindringversuchs zu erhalten, werden zusätzlich sich über die ganze Länge der Sensorschläuche (S) erstreckende, lineare Drucksensoren (K), welche bei Einwirkung von Druck an ihren Enden elektrische Signale abgeben, in den Schläuchen (S) angeordnet. Die über an den Enden der Sensorschläuche (S) angeordneten elektroakustischen Wandler (P) und die linearen Drucksensoren (K) erhaltenen elektrischen Signale werden miteinander korreliert und aus der Zeitdifferenz wird der Ort des Eindringversuchs festgestellt.

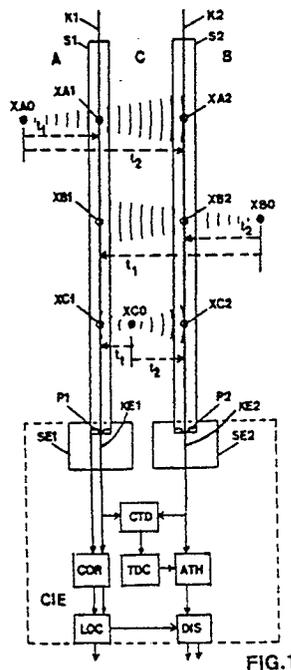


FIG.1

EP 0 348 927 A1

Bezugsziffern (gehören nicht zur Beschreibung)	Reference Numbers (do not belong to the description)	
Gebiet außerhalb von S1	A	Area (outside S1)
Amplitudendiskriminatorschaltung	ATH	Amplitude discriminator circuit
Gebiet innerhalb von S2	B	Area (within S2)
Gebiet zwischen S1 und S2	C	Area (between S1 and S2)
Steuer- und Anzeigevorrichtung	CIE	Control and indicating equipment
Korrelationsschaltung	COR	Correlation circuit
Zeitdiskriminatorschaltung	CTD	Time discriminator circuit
Anzeigeeinrichtung	DIS	Display unit
Auswerteschaltung	E	Evaluation circuit
Halterung	H	Holding device
Druckempfindliches Kabel	K	{ Pressure sensitive cable
Linearer Drucksensor	K1	{ Linear pressure sensor element
Linearer Drucksensor	K2	{ Linear pressure sensor element
Kabelende	KE1	Cable terminator
Kabelende	KE2	Cable terminator
Lokalisationsschaltung	LOC	Localisation circuit
Elektroakustischer Wandler	P	Electroacoustic transducer
Elektroakustischer Wandler	P1	Electroacoustic transducer
Elektroakustischer Wandler	P2	Electroacoustic transducer
Sensorschlauch	S1	{ Flexible sensor hose means
Sensorschlauch	S2	{ Sensor tubes
Empfangsstelle	SE1	Receiving terminal
Empfangsstelle	SE2	Receiving terminal
Zeitdifferenz zwischen den beiden eintreffenden korrespondierenden Signalen entsprechend ( $t_2 - t_1$ )	T	{ Time difference between the two { arriving correlated signals { corresponding to ( $t_2 - t_1$ )
Zeit vom Entstehen der Bodenschallwelle bis zum Auftreffen auf den Sensorschlauch S1	t1	{ Time from the production of seismic { waves at XA0 until arrival at S1
Zeit vom Entstehen der Bodenschallwelle bis zum Auftreffen auf den Sensorschlauch S2	t2	{ Time from the production of seismic { waves at XA0 until arrival at S2
Zeitdifferenzänderungsschaltung	TDC	Time difference change circuit
Verbindung	V	Spacer device
Körperschallquelle im Gebiet A	XA0	Source of pressure waves in area A
Auftrittspunkt der von XA0 ausgehenden Bodenschallwelle auf den nächstliegenden Sensorschlauch S1	XA1	{ Point of impact of the pressure { waves produced in XA0 on the { nearest sensor tube S1
Auftrittspunkt der von XA0 ausgehenden Bodenschallwelle auf den entfernter liegenden Sensorschlauch S2	XA2	{ Point of impact of the pressure { waves produced in XA0 on the more { distant sensor tube S2
Körperschallquelle im Gebiet B	XB0	Source of pressure waves in area B
Auftrittspunkt der von XB0 ausgehenden Bodenschallwelle auf den entfernter liegenden Sensorschlauch S1	XB1	{ Point of impact of the pressure { waves produced in XB0 on the more { distant sensor tube S1
Auftrittspunkt der von XB0 ausgehenden Bodenschallwelle auf den nächstliegenden Sensorschlauch S2	XB2	{ Point of impact of the pressure { waves produced in XB0 on the { nearest sensor tube S2
Körperschallquelle im Gebiet C	XC0	Source of pressure waves in area C
Auftrittspunkt der von XC0 ausgehenden Bodenschallwelle auf den Sensorschlauch S1	XC1	{ Point of impact of the pressure waves { produced in XC0 on the sensor tube S1
Auftrittspunkt der von XC0 ausgehenden Bodenschallwelle auf den Sensorschlauch S2	XC2	{ Point of impact of the pressure waves { produced in XC0 on the sensor tube S2

## Eindringdetektionsanordnung

Die Erfindung betrifft eine Eindringdetektionsanordnung zur Überwachung einer Grenze mit mindestens zwei im Abstand voneinander entlang der zu überwachenden Grenze in den Boden verlegten Sensorschläuchen gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1, sowie ein Verfahren zur Überwachung einer Grenze gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 9.

5 Eine solche Anordnung ist beispielsweise aus der US-A-4,400,695 bekannt und dient der Perimeterüberwachung, d.h. zur Überwachung der Grenzen von Freigeländen gegen Betreten durch nicht autorisierte Personen oder Überfahren durch Fahrzeuge. Bei diesem System sind entlang der zu überwachenden Grenze zwei Sensorschläuche nebeneinander im Boden verlegt; die Schläuche sind mit einem Fluid gefüllt, welches die durch einen Eindringling verursachten Druckwellen oder Erschütterungen zu elektroakustischen  
10 Wandlern, die an den Enden der Schläuche angeordnet sind, weiterleiten. Die Ausgangssignale dieser Wandler werden von einer Auswerteschaltung derart ausgewertet, daß ein Alarmsignal nur dann gegeben wird, wenn das Differenzsignal der beiden Sensorschläuche einen vorbestimmten Wert überschreitet. Gleichzeitig kann aus den Laufzeiten der Druckwelle der Ort des Eindringens bestimmt werden, wenn an beiden Enden der Sensorschläuche elektroakustische Wandler angebracht werden.

15 Für die Alarmsignalauslösung wird bei dieser bekannten Anordnung nur eine einzige physikalische Größe ausgewertet, nämlich die Amplitude der aufgenommenen Körperschallschwingungen. Eine solche Anordnung ist nicht in der Lage, mit der erforderlichen Sicherheit einen Eindringling von anderen Körperschallquellen zu unterscheiden, beispielsweise von kleinen, die Grenze passierenden Tieren, von Bodenerschütterungen und Geräuschen von weiter entfernten Fahrzeugen oder Überschallflugzeugen oder von  
20 durch das Wetter verursachten Druckwellen. Die Folge sind häufige Fehlalarme, ohne daß tatsächlich ein Eindringversuch stattgefunden hat. Zudem ist die Lokalisierung unsicher oder unwirksam, wenn mehrere Druckwellen gleichzeitig oder in kurzen Zeitabständen voneinander erzeugt werden, beispielsweise durch mehrere Eindringlinge oder kurz nacheinander erzeugte Signale eines Eindringlings, z.B. schnell aufeinanderfolgende Fußstapfen.

25 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die angeführten Nachteile der Eindringdetektionsanordnungen des Standes der Technik zu beseitigen und insbesondere eine Detektionsanordnung zu schaffen, welche mit verbesserter Empfindlichkeit und Selektivität auf einen Eindringling anspricht, jedoch nicht auf andere Umgebungseinflüsse. Die Detektionsanordnung soll eine falsche Alarmsignalgabe mit größerer Sicherheit unterdrücken und Sabotage- oder Überlastungsversuche unmöglich machen; ferner soll sie eine  
30 genauere Lokalisierung des Ortes eines Eindringversuches ermöglichen.

Aufgabe der Erfindung ist ferner ein Verfahren zur Überwachung einer Grenze, das es ermöglicht, mit größerer Sicherheit das unbefugte Überschreiten der Grenze durch Personen und Fahrzeuge von zufälligen umgebungsbedingten Störungen, wie Wetterereignissen, Bewegung von Tieren u.ä., zu unterscheiden und das es ferner ermöglicht, den Ort der Grenzüberschreitung sicher zu lokalisieren.

35 Die vorstehend genannten Aufgaben werden bei einer Eindringdetektionsanordnung der eingangs genannten Art durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruchs 1 und bei einem Verfahren zur Grenzüberwachung durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruchs 9 gelöst. Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung und Ausgestaltungen sind in den abhängigen Patentansprüchen definiert.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sind in der Auswerteschaltung folgende  
40 Schaltelemente vorgesehen:

1) eine Zeitdiskriminatorschaltung, welche so ausgelegt ist, daß die von den linearen Drucksensoren eintreffenden elektrischen Signale korreliert werden und daß bei Vorliegen eines hinreichenden Korrelationsgrades die Differenz zwischen der Eintreffzeit zusammengehöriger Signale gebildet und der Wert dieser Zeitdifferenz weitergeleitet wird,

45 2) eine Zeitdifferenzänderungsschaltung welche so ausgelegt ist, daß sie ein Signal weitergibt, wenn der Absolutwert der von der Zeitdiskriminatorschaltung erhaltenen Zeitdifferenz um mehr als ein vorbestimmtes Maß abnimmt oder diese Differenz innerhalb eines vorgegebenen Zeitraumes ihr Vorzeichen ändert und

3) eine Amplitudendiskriminatorschaltung welche so ausgelegt ist, daß sie Signale von wenigstens  
50 einem der linearen Drucksensoren und von der Zeitdifferenzänderungsschaltung empfängt und daß sie, wenn sie ein Signal von der Zeitdifferenzänderungsschaltung erhält, die Amplitude wenigstens eines der von den linearen Drucksensoren empfangenen Signale bestimmt und ein Signal weiterleitet, wenn diese Amplitude oder deren Zeitintegral einen vorgegebenen Schwellenwert überschreitet.

Gemäß einer weiter bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sind der Auswerteschaltung zusätzlich folgende Schaltelemente vorgesehen:

4) eine Korrelationsschaltung, welche so ausgelegt ist, daß die von einem der linearen Drucksensoren und von dem zugehörigen elektroakustischen Wandler zeitverschoben eintreffenden elektrischen Signale korreliert werden und daß nur solche Signale weitergeleitet werden, welche einen hinreichend hohen Korrelationsgrad aufweisen und

5) eine Lokalisationsschaltung, welche so ausgelegt ist, daß sie die Zeitdifferenz zwischen dem Eintreffen zusammengehöriger Signale von dem linearen Drucksensor und dem elektroakustischen Wandler bildet und aus der Größe dieser Zeitdifferenz und der Druckwellengeschwindigkeit in dem Fluid in dem Sensorschlauch den Auftreffpunkt der Druckwellen auf den linearen Drucksensor bestimmt.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist in der Auswerteschaltung zusätzlich 6) eine Anzeigeeinrichtung vorgesehen, welche so ausgelegt ist, daß sie ein von der Amplitudendiskriminatorschaltung erzeugtes Alarmsignal und/oder den von der Lokalisationsschaltung bestimmten Auftreffpunkt der Druckwellen auf den linearen Drucksensor zur Anzeige bringt.

Die in der erfindungsgemäßen Eindringdetektionsanordnung verwendete Auswerteschaltung wertet also nicht nur wie die bekannten Anordnungen die Amplituden der Druckwellen in den Sensorschläuchen aus, sondern kombiniert mit einer wesentlich intelligenteren Auswertung mehrere Meßgrößen; d.h. zunächst wird die Zeitdifferenz der über die linearen Drucksensoren eintreffenden korrelierten Signale bestimmt. Diese der Laufzeit des Schalls zwischen den beiden Sensorschläuchen entsprechende Zeitdifferenz zeigt durch ihr Vorzeichen an, auf welcher Seite der Grenze sich die Körperschallquelle, z.B. ein Eindringling, befindet und zwar völlig unabhängig von der Amplitude der eintreffenden Signale.

Eine Abnahme der Größe der Zeitdifferenz zwischen dem Eintreffen der Signale oder eine Umkehr ihres Vorzeichens ist ein untrügliches Zeichen dafür, daß sich die Körperschallquelle in den Zwischenraum zwischen den Sensorschläuchen bewegt hat oder beide Schläuche überschritten hat. Erst wenn diese Tatsache durch die Zeitdifferenzschaltung festgestellt worden ist, wird die gleichzeitig gemessene Amplitude ausgewertet. Da diese Amplitude ein Maß für die Masse des eingedrungenen Objekts ist, wird ein Alarmsignal nur ausgelöst, wenn diese Amplitude oder deren Zeitintegral, d.h. die Masse des Objekts, in einem vorgegebenen Bereich liegt, z.B. einen vorbestimmten Schwellenwert überschreitet. Die Fehlalarmssicherheit der erfindungsgemäßen Eindringdetektionsanordnung wird dadurch markant verbessert.

Durch die Auswertung der Zeitdifferenz zwischen dem Eintreffen der Signale von beiden linearen Drucksensoren werden nur solche Ereignisse erfaßt, bei welchen die Grenze wirklich passiert wird. Weiter entfernt liegende Körperschallquellen und Wetterereignisse werden daher ausgeschlossen. Menschen und schwere Fahrzeuge werden ebenso wie kleinere und leichtere Objekte, z.B. Tiere, von der Zeitdifferenzauswertung erfaßt. Letztere werden jedoch durch die Amplitudenauswertung ausgeschlossen.

Auch ein besonders vorsichtiger, langsam und umsichtig vorgehender Eindringling wird von der erfindungsgemäßen Eindringdetektionsanordnung sicher erfaßt, da auch bei schwachen Erschütterungen die Zeitdifferenzauswertung, die ohne Amplitudenauswertung arbeitet, einen solchen Eindringling erfaßt, der dann allein durch sein Gewicht und die dadurch bewirkte Druckwelle ein Alarmsignal auslöst.

Die Verwendung eines linearen Drucksensors, z.B. eines piezoelektrischen Kabels oder eines druckempfindlichen, faseroptischen Kabels, hat den Vorteil, daß die Signale praktisch mit Lichtgeschwindigkeit, d.h. ohne wesentliche Zeitverzögerung, zur Auswerteschaltung gelangen und daß die durch Differenzen der Laufzeiten in den Medien in den beiden Sensorschläuchen hervorgerufenen Probleme (z.B. durch bogenförmige Verlegung der Sensorschläuche) eliminiert werden.

Ein wesentlicher Vorteil der erfindungsgemäßen Eindringdetektionsanordnung besteht ferner darin, daß durch Bestimmung der Differenz zwischen dem Eintreffen eines Signals aus einem linearen Drucksensor und einem zugehörigen Signal, das durch Weiterleiten der Druckwelle in dem in dem Sensorschlauch enthaltenen Fluid erhalten wird, eine gegenüber den bekannten Anordnungen wesentlich sicherere Lokalisierung des Eindringorts ermöglicht wird. Dies gilt insbesondere bei Verwendung einer Korrelationsschaltung, die auch bei Auftreten von Mehrfacherschütterungen eine eindeutige und sichere Lokalisierung der einzelnen Erschütterungsorte gestattet.

Die Erfindung wird im folgenden an Hand der in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigen

Figur 1 ein Blockschaltbild einer Anordnung zur Eindringdetektion mit zwei Sensorschläuchen und daran angeschlossener Auswerteschaltung,

Figur 2 Querschnitte durch verschiedene Ausführungsformen von Sensorschläuchen,

Figur 3 einen Querschnitt durch einen Doppelsensorschlauch und

Figur 4 ein Diagramm eines typischen Verlaufs der Zeitdifferenz der Signale der beiden linearen Drucksensoren in Abhängigkeit vom Ort der Körperschallquelle.

Bei der in Figur 1 dargestellten Eindringdetektionsanordnung sind entlang der Grenze des zu überwachenden Gebiets zwei Sensorschläuche S1, S2 verlegt. Die Schläuche haben einen Abstand von etwa 1 bis

2 Meter und liegen in einer Tiefe von etwa 25 cm; sie müssen nicht notwendiger Weise parallel liegen. Die Sensorschläuche bestehen aus einem flexiblen Material, wie Gummi oder einem Elastomer; sie können auch aus einem metallischen Rohr bestehen. Die Sensorschläuche sind mit einem den Schall leitenden Fluid gefüllt, z.B. einer gegen Gefrieren geschützten Flüssigkeit, wie einem Wasser-Glyzerin-Gemisch; stattdessen kann auch ein Gas oder ein Gel verwendet werden. An einem Ende sind die Sensorschläuche mit einem elektroakustischen Wandler P1, P2 versehen.

Wenn auf einen der Sensorschläuche S1, S2 an einer beliebigen Stelle Druckimpulse einwirken, so werden diese in dem Fluid mit einer Geschwindigkeit von etwa 1,5 km/s (im Falle von Wasser) zum Ende des Sensorschlauchs S1, S2 geleitet und dort von dem entsprechenden elektroakustischen Wandler P1, P2 in ein elektrisches Signal umgewandelt, das der Auswerteschaltung E in der Steuer- und Anzeigevorrichtung zugeleitet wird. Die Ausführung der Sensorschläuche S1, S2 und der elektroakustischen Wandler P1, P2 sind dem Fachmann bekannt, z.B. aus der US-A-3,438,021. Vorteilhaft ist es dabei, die Wandler als piezoelektrische Elemente auszuführen.

Außerdem enthalten die beiden Sensorschläuche S1, S2 sich jeweils über die ganze Länge erstreckende lineare Drucksensoren K1, K2, welche bei Einwirkung von Druck oder Erschütterungen an ihrem Ende ein elektrisches Signal abgeben, das der Auswerteschaltung E zugeführt wird. Diese linearen Drucksensoren bestehen vorteilhafterweise aus einem druck- oder erschütterungsempfindlichen Kabel, das sich im Inneren des Sensorschlauchs S1, S2 im Kontakt mit dem Fluid über die ganze Länge des Sensorschlauchs erstreckt. Diese Kabel können beispielsweise als piezoelektrische Kabel vom PVFD-Typ ausgebildet sein; sie sind von Pennwalt oder Raychem erhältlich. Es können auch Elektretkabel verwendet werden, wie sie beispielsweise aus der US-A-3,831,162 bekannt sind.

Die linearen Drucksensoren K1, K2 können jedoch auch aus einem druckempfindlichen faseroptischen Kabel bestehen, dessen Lichtleitfähigkeit sich bei Einwirkung von Druckwellen ändert. Solche Kabel sind z.B. aus der US-A-4,591,709 bekannt und können von Felten & Guillaume oder von Corning Glass bezogen werden. Wenn an einem Ende des faseroptischen Kabels Licht oder Infrarotstrahlung eingespeist wird, so kann am anderen Ende über einen optoelektronischen Wandler ein druckabhängiges elektrisches Signal abgenommen und der Auswerteschaltung E zugeleitet werden.

Durch die Verlegung der druckempfindlichen Kabel K1, K2 im Inneren der Sensorschläuche S1, S2, an Stelle der direkten Verlegung im Erdreich, wird eine bessere akustische Ankoppelung und eine bessere Korrelationsmöglichkeit der in den Sensorschläuchen und in den zugehörigen linearen Drucksensoren weitergeleiteten Druckwellen erreicht. Beide Sensoren erhalten daher weitgehend gleichartige Signale, welche in dem Fluid der Sensorschläuche S1, S2 mit Schallgeschwindigkeit, in den linearen Drucksensoren K1, K2 jedoch praktisch mit Lichtgeschwindigkeit, d.h. ohne wesentliche Zeitverzögerung, weitergeleitet werden.

Das druckempfindliche Kabel K kann dabei, wie aus dem in Figur 2a wiedergegebenen Querschnitt ersichtlich ist, kokaxial im Sensorschlauch S angeordnet sein, wobei das druckempfindliche Kabel K durch Halterung H zentriert wird. Das druckempfindliche Kabel K kann jedoch auch, wie in Figur 2b dargestellt, lose in den Sensorschlauch S eingelegt werden; es kann auch in den Schlauch eingekittet oder eingeklebt werden. Wie in Figur 2c dargestellt, kann das druckempfindliche Kabel K auch in die Wand des Sensorschlauchs S eingearbeitet sein, was zweckmäßigerweise bereits bei der Herstellung des Schlauchs geschieht. Dies bietet den Vorteil, daß das druckempfindliche Kabel K nicht erst mühsam in den Sensorschlauch S eingezogen werden muß, sondern daß die fertigen, mit Kabel versehenen Schläuche gelagert, angeliefert und direkt verlegt werden können.

Wie in Figur 3 gezeigt, können die beiden Sensorschläuche S1, S2, die jeweils ein druckempfindliches Kabel K1, K2 enthalten, mittels einer durchgehenden oder gitterartigen Verbindung V zu einer Einheit verbunden sein, wobei sie durch die Verbindung V automatisch in einem festen Abstand, z.B. im Dezimeterbereich, zueinander gehalten werden. Die Laufzeit des Schalls zwischen den beiden Drucksensoren K1, K2 liegt hier im Bereich von Zehntelmillisekunden, was eine bequeme Auswertung der Signale gestattet, wobei in diesem Fall vorzugsweise eine schnelle Vorzeichenumkehr für die Alarmsignalgabe ausgewertet wird. Ein solcher Doppel-Sensorschlauch läßt sich, speziell bei Füllung mit einem hinreichend verfestigten Medium, z.B. einem Gel, besonders vorteilhaft lagern und besonders einfach im Gelände verlegen.

An Hand der in Figur 1 enthaltenen, in Blockform dargestellten Auswerteschaltung E und des in Figur 4 wiedergegebenen typischen Verlaufs eines bei einem Eindringversuch erhaltenen Zeitdifferenz-Signals wird das Betriebsverfahren der beschriebenen Eindringdetektionsanordnung näher erläutert.

Es wird angenommen, ein Eindringling befinde sich an der Stelle XAO im Gebiet A außerhalb von S1, d.h. außerhalb des zu überwachenden Gebiets. Die von dem Eindringling hervorgerufenen Druckwellen erreichen das druckempfindliche Kabel K1 des äußeren Sensorschlauchs S1 im Punkt XA1 nach einer Zeit

t1 und das druckempfindliche Kabel K2 des inneren Sensorschlauchs S2 im Punkt XA2 nach einer Zeit t2. Praktisch ohne Zeitverzögerung gelangen von den druckempfindlichen Kabeln K1, K2 entsprechende Signale über die Kabelenden KE1, KE2 zu den Empfangsstellen SE1, SE2 der Auswerteschaltung E und weiter zu einer Zeitdiskriminatorschaltung CTD. Hier werden die aus den beiden linearen Drucksensoren K1, K2 eintreffenden Signale korreliert, und bei Vorliegen eines ausreichenden Korrelationsgrades wird die Zeitdifferenz T (entsprechend  $t_2 - t_1$ ), welche dem Abstand zwischen den beiden linearen Drucksensoren K1, K2 entspricht, bestimmt, und der Wert dieser Zeitdifferenz T wird einer Zeitdifferenzänderungsschaltung TDC zugeführt.

Diese Zeitdifferenz T ist ein Maß für die Laufzeit der Druckwelle zwischen den Stellen XA1 und XA2 der beiden Sensorschläuche S1, S2 und hängt demgemäß nur von der Schallgeschwindigkeit im Erdboden zwischen den beiden Sensorschläuchen S1, S2 und von der Entfernung, in der beide voneinander verlegt sind, ab. Da diese Zeitdifferenz T also von der Entfernung des Eindringlings von der zu überwachenden Grenze und von der Amplitude der erzeugten Druckwellen unabhängig ist, ist sie konstant, solange sich der Eindringling im Gebiet A außerhalb von S1 bewegt.

Es sei bemerkt, daß bei der Beschreibung der erfindungsgemäßen Eindringdetektionsanordnung bisher keine Amplitudenauswertung wie bei den bekannten Eindringdetektionsanordnungen erfolgt, sondern, daß alle wahrnehmbaren Erschütterungen registriert werden und daß auch Erschütterungen geringster Amplitude ausgewertet werden, sofern die von den beiden Drucksensoren K1, K2 erhaltenen Signale einen genügend hohen Korrelationsgrad aufweisen. Die Eindringdetektionsanordnung kann also mit voller Empfindlichkeit betrieben werden, ohne daß eine erhöhte Fehlalarmrate befürchtet werden muß. Außerdem werden Ereignisse außerhalb des geschützten Bereichs automatisch eliminiert, da sie zu einer konstanten Zeitdifferenz T führen.

Das Ausgangssignal der Zeitdiskriminatorschaltung CTD, d.h. die Zeitdifferenz T, wird einer Zeitdifferenzänderungsschaltung TDC zugeleitet, welche nur dann ein Signal weiterleitet, wenn der Absolutwert des Eingangssignals kleiner wird oder wenn sich innerhalb eines vorbestimmten Zeitintervalls das Vorzeichen des Eingangssignals ändert, d.h. wenn es negativ wird. Falls das Eingangssignal konstant bleibt, erscheint also kein Ausgangssignal an der Zeitdifferenzänderungsschaltung TDC. Solange sich ein Eindringling im Gebiet A außerhalb von S1 bewegt, wird daher kein Signal weitergeleitet.

Sobald jedoch ein Eindringling den äußeren Sensorschlauch S1 überschreitet und das Gebiet C zwischen den Sensorschläuchen S1, S2 betritt, z.B. an der Stelle XCO, sinkt der Wert der Zeitdifferenz T =  $-(t_2 - t_1)$  unter den vorher konstanten Wert  $T_a$  oder wird negativ, wie in der Kurve gemäß Figur 4 angegeben; in diesem Fall gibt die Zeitdifferenzänderungsschaltung TDC ein Ausgangssignal ab.

Bei dem Versuch, das Gebiet C zwischen den Sensorschläuchen S1, S2 zu überspringen, werden zwar im Gebiet C keine Erschütterungen ausgelöst, es werden jedoch innerhalb eines kurzen Zeitintervalls, z.B. in der Position XBO, Druckwellen ausgelöst, welche in den Punkten XB1 und XB2 von den linearen Drucksensoren K1, bzw. K2 aufgenommen werden. Die Zeitdiskriminatorschaltung CTD würde in einem solchen Fall ein Umschlagen der Zeitdifferenz auf einen negativen Wert  $T_b = -T_a$  feststellen, und die Zeitdifferenzänderungsschaltung TDC würde ebenfalls ein Ausgangssignal abgeben.

Ein Überlistungsversuch durch Überspringen der Detektionszone ist also unmöglich, es würde in jedem Fall ein Ausgangssignal von der Zeitdifferenzänderungsschaltung TDC weitergeleitet, wenn ein Eindringling das Gebiet C zwischen den Sensorschläuchen S1, S2 durchschreitet oder überspringt. Solange sich ein Objekt aber entweder außerhalb der überwachten Grenze im Gebiet A oder innerhalb der überwachten Grenze im Gebiet B bewegt, wird kein Ausgangssignal von der Zeitdifferenzänderungsschaltung TDC abgegeben.

Das Ausgangssignal, falls vorhanden, der Zeitdifferenzänderungsschaltung TDC wird nun einer Amplitudendiskriminatorschaltung ATH zugeführt, welche gleichzeitig Signale wenigstens eines der beiden linearen Druckkabel K1, K2 erhält. Die Amplituden der von den linearen Drucksensoren K1, K2 empfangenen Druckwellen, bzw. deren Zeitintegral hängen von der Masse des die Druckwellen erzeugenden Objekts, ab, da sich das Objekt in diesem Fall in der Nähe der Drucksensoren K1, K2 befindet. Durch Bestimmung der Amplitudengröße kann daher festgestellt werden, ob die Druckwellen von einem größeren Objekt, z.B. einem Menschen oder einem Fahrzeug, stammen, das versucht, die überwachte Grenze zu überschreiten. Die Signale kleinerer Objekte, z.B. von Tieren oder von durch Windstöße hereingetragenen Ästen, würden von der Amplitudendiskriminatorschaltung ATH eliminiert und zu keinem Alarm führen.

Sofern die Amplitudendiskriminatorschaltung ATH ein Ausgangssignal von der Zeitdifferenzänderungsschaltung TDC erhält, bestimmt sie die Amplitude wenigstens eines der von den linearen Drucksensoren K1, K2 erhaltenen Signale und gibt ein Alarmsignal an eine Anzeigeeinrichtung DIS weiter, wenn diese Amplitude oder deren Zeitintegral einen vorgegebenen Schwellenwert überschreitet. Diese Anzeigeeinrichtung DIS zeigt den Alarmzustand visuell an, z.B. durch eine Anzeigelampe, und/oder gibt ein Alarmsignal,

gegebenenfalls nach einer vorbestimmten Zeitverzögerung, an andere Stellen weiter, z.B. an Überwachungspersonal oder die Polizei. Die Anzeigeeinrichtung kann auch weitere Überwachungs- und/oder Abschreckungseinrichtungen einschalten, beispielsweise Beleuchtungsanlagen, Videokameras oder akustische Signaleinrichtungen.

5 Weiterhin werden die Signale wenigstens eines der an den Enden der Sensorschläuche S1, S2 angeordneten elektroakustischen Wandler P1, P2 einer Korrelationsschaltung COR zugeleitet, die gleichzeitig die Signale der jeweils zugehörigen linearen Drucksensoren K1, K2 empfängt. Die von den linearen Drucksensoren K1, K2 erzeugten Signale werden ohne wesentliche Zeitverzögerung in der Korrelationsschaltung COR empfangen, während die durch dasselbe Ereignis ausgelöste Druckwelle erst mit einer  
10 durch die Leitung der Druckwelle in dem Fluid in den Sensorschläuchen S1, S2 bedingten Zeitverzögerung zu den elektroakustischen Wandlern P1, P2 gelangen. In der Korrelationsschaltung COR treffen die Signale der elektroakustischen Wandler P1, P2 daher mit einer entsprechenden Zeitverzögerung gegenüber den Signalen der linearen Drucksensoren K1, K2 ein.

In der Korrelationsschaltung COR werden die von einem der linearen Drucksensoren K1, K2 eintreffenden Signale mit den von dem entsprechenden elektroakustischen Wandler P1, P2 eintreffenden Signalen  
15 korreliert; es werden nur solche Signale ausgewertet, die innerhalb eines vorgegebenen Zeitfensters einen hinreichend hohen Korrelationsgrad aufweisen, während alle anderen Signale blockiert werden.

Die korrelierten Signale werden einer Lokalisierungsschaltung LOC eingespeist, in der die Zeitdifferenz zwischen dem Eintreffen zusammengehöriger Signale von dem linearen Drucksensor K1, K2 und dem  
20 elektroakustischen Wandler P1, P2 bestimmt wird. Aus dieser Zeitdifferenz und der bekannten Laufgeschwindigkeit der Druckwelle in dem Sensorschlauch S1, S2 wird der Ort des Eindringversuchs als Abstand von dem elektroakustischen Wandler P1, P2 bestimmt und in der Lokalisationsschaltung LOC zur Anzeige gebracht.

Auf diese Weise ist es möglich, auch Mehrfacherschütterungen mit großer Sicherheit zu analysieren  
25 und den Ort ihrer Einwirkung auf die Sensorschläuche S1, S2 festzustellen. Mittels der Lokalisierungsschaltung LOC werden weitere Informationen erhalten, die es ermöglichen gezielt Signale an bestimmte Sektoren der zu überwachenden Grenze zu übermitteln, z.B. Scheinwerfer oder andere Überwachungsanlagen speziell in den angezeigten Bereichen in Betrieb zu setzen.

Die vorstehend beschriebene Eindringdetektionsanordnung kann mit einzelnen, bekannten und auf dem  
30 Markt erhältlichen elektronischen Schaltungselementen ausgeführt werden. Es ist jedoch für den Fachmann klar, daß die beschriebene Schaltung auch mit einem programmierbaren Mikroprozessor realisiert werden kann. Die Parameter können entweder entsprechend den Installationsbedingungen fest eingegeben werden, oder sie können nach der Installation der Anlage automatisch mit einem Kalibrierprogramm eingelesen werden. In diesem Fall genügt es, wenn eine Testperson im Gebiet A außerhalb des Sensorschlauchs S1 in  
35 geringem Abstand und parallel dazu langsam die Grenze abschreitet. Während dieses Abschreitens mißt das System kontinuierlich die Zeitdifferenz  $T = (t_2 - t_1)$  und die Amplituden der durch einen gehende Menschen verursachten Druckwellen. Die Schwellenwerte für die Zeitdifferenzänderung und für die Amplituden der Druckwellen entlang der Anlage werden so automatisch in die Eindringdetektionsanordnung eingelesen und gespeichert.

40 Abwandlungen der vorbeschriebenen Schaltung sind im Rahmen der Erfindung gemäß den Ansprüchen möglich und dem Fachmann geläufig.

## 45 Ansprüche

1. Eindringdetektionsanordnung zur Überwachung einer Grenze mit mindestens zwei im Abstand voneinander entlang der zu überwachenden Grenze in den Boden verlegten, ein den Schall leitendes Fluid enthaltenden Sensorschläuchen (S1, S2) mit einem elektroakustischen Wandler (P1, P2) an mindestens  
50 einem Schlauchende zum Umsetzen der in den Sensorschläuchen auftretenden Druckwellen in elektrische Signale und mit einer Auswerteschaltung (E) zur Auswertung der von den elektroakustischen Wandlern (P1, P2) erhaltenen elektrischen Signale, dadurch gekennzeichnet, daß in den Sensorschläuchen (S1, S2) zusätzlich sich über deren ganze Länge erstreckende, lineare Drucksensoren (K1, K2) angeordnet sind, welche bei Einwirkung von Druck auf eine beliebige Stelle ihrer Länge ohne wesentliche Zeitverzögerung an ihren Enden elektrische Signale erzeugen, welche der Auswerteschaltung (E) zugeleitet werden und daß  
55 in der Auswerteschaltung (E) Schaltelemente vorgesehen sind, welche so ausgelegt sind, daß die über die linearen Drucksensoren (K1, K2) und über die elektroakustischen Wandler (P1, P2) erhaltenen Signale korreliert werden und daß aus der Zeitdifferenz des Eintreffens zusammengehöriger Signale an den Enden der Sensorschläuche (S1, S2) der Ort des Eindringens bestimmbar ist.

2. Eindringdetektionsanordnung gemäß Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß in der Auswerteschaltung (E) folgende Schaltelemente vorgesehen sind:

eine Zeitdiskriminatorschaltung (CTD), welche so ausgelegt ist, daß die von den linearen Drucksensoren (K1, K2) eintreffenden elektrischen Signale korreliert werden und daß bei Vorliegen eines hinreichenden Korrelationsgrades die Differenz (T) zwischen der Eintreffzeit zusammengehöriger Signale gebildet und der Wert dieser Zeitdifferenz (T) weitergeleitet wird,

eine Zeitdifferenzänderungsschaltung (TDC), welche so ausgelegt ist, daß sie ein Signal weitergibt, wenn der Absolutwert der von der Zeitdiskriminatorschaltung (CTD) erhaltenen Zeitdifferenz (T) um mehr als ein vorbestimmtes Maß abnimmt oder wenn diese Zeitdifferenz (T) innerhalb eines vorgegebenen Zeitraumes ihr Vorzeichen ändert und

eine Amplitudendiskriminatorschaltung (ATH), welche so ausgelegt ist, daß sie Signale von wenigstens einem der linearen Drucksensoren (K1, K2) und von der Zeitdifferenzänderungsschaltung (TDC) empfängt und daß sie, wenn sie ein Signal von der Zeitdifferenzänderungsschaltung (TDC) erhält, die Amplitude wenigstens eines der von den linearen Drucksensoren (K1, K2) empfangenen Signale bestimmt und ein Signal weiterleitet, wenn diese Amplitude oder deren Zeitintegral einen vorgegebenen Schwellenwert überschreitet.

3. Eindringdetektionsanordnung gemäß einem der Patentansprüche 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß in der Auswerteschaltung (E) außerdem folgende Schaltelemente vorgesehen sind:

eine Korrelationsschaltung, welche so ausgelegt ist, daß die von einem der linearen Drucksensoren (K1, K2) und von dem zugehörigen elektroakustischen Wandler (P1, P2) zeitverschoben eintreffenden elektrischen Signale korreliert werden und daß nur solche Signale weitergeleitet werden, welche einen hinreichend hohen Korrelationsgrad aufweisen und

eine Lokalisationsschaltung (LOC), welche so ausgelegt ist, daß sie die Zeitdifferenz zwischen dem Eintreffen zusammengehöriger Signale von dem linearen Drucksensor (K1, K2) und dem elektroakustischen Wandler (P1, P2) bildet und aus der Größe dieser Zeitdifferenz und der Druckwellengeschwindigkeit in dem Fluid in dem Sensorschlauch (S1, S2) den Auftreffpunkt (XA1) der Druckwellen auf den linearen Drucksensor (K1, K2) bestimmt.

4. Eindringdetektionsanordnung gemäß einem der Patentansprüche 2 und 3, dadurch gekennzeichnet, daß in der Auswerteschaltung (E) außerdem

eine Anzeigeeinrichtung (DIS), welche so ausgelegt ist, daß sie ein von der Amplitudendiskriminatorschaltung (ATH) erzeugtes Alarmsignal und/oder den von der Lokalisationsschaltung (LOC) bestimmten Auftreffpunkt (XA1) der Druckwellen auf dem linearen Drucksensor (K1, K2) zur Anzeige bringt, vorgesehen ist.

5. Eindringdetektionsanordnung gemäß einem der Patentansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der lineare Drucksensor (K) coaxial im Sensorschlauch (5) angeordnet ist.

6. Eindringdetektionsanordnung gemäß einem der Patentansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der lineare Drucksensor (K) auf der Wand des Sensorschlauchs (S) angeordnet ist.

7. Eindringdetektionsanordnung gemäß einem der Patentansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der lineare Drucksensor (K) in der Wand des Sensorschlauchs (S) angeordnet ist.

8. Eindringdetektionsanordnung gemäß einem der Patentansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Sensorschläuche (S1, S2) mittels einer Verbindung (V) in vorgegebenem Abstand fest miteinander verbunden sind.

9. Verfahren zur Überwachung einer Grenze mit mindestens zwei im Abstand voneinander entlang der zu überwachenden Grenze in den Boden verlegten, ein den Schall leitendes Fluid enthaltenden Sensorschläuchen (S1, S2) mit einem elektroakustischen Wandler (P1, P2) an mindestens einem Schlauchende zum Umsetzen der in den Sensorschläuchen auftretenden Druckwellen in elektrische Signale und mit einer Auswerteschaltung (E) zur Auswertung der von den elektroakustischen Wandlern (P1, P2) erhaltenen elektrischen Signale, dadurch gekennzeichnet, daß man in den Sensorschläuchen (S1, S2) zusätzlich sich über deren ganze Länge erstreckende, lineare Drucksensoren (K1, K2) anordnet, welche bei Einwirkung von Druck auf eine beliebige Stelle ihrer Länge ohne wesentliche Zeitverzögerung an ihren Enden elektrische Signale erzeugen, daß man die von den linearen Drucksensoren (K1, K2) eintreffenden elektrischen Signale korreliert, daß man bei Vorliegen eines hinreichenden Korrelationsgrades die Differenz (T) zwischen der Eintreffzeit zusammengehöriger Signale bildet und daß man, wenn der Absolutwert der Zeitdifferenz (T) um mehr als ein vorbestimmtes Maß abnimmt oder wenn diese Zeitdifferenz (T) innerhalb eines vorgegebenen Zeitraumes ihr Vorzeichen ändert, die Amplitude der Signale von wenigstens einem der linearen Drucksensoren (K1, K2) bestimmt und ein Alarmsignal auslöst, wenn diese Amplitude oder deren Zeitintegral einen vorgegebenen Schwellenwert überschreitet.

10. Verfahren gemäß Patentanspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß man zusätzlich die über die linearen Drucksensoren (K1, K2) und über die elektroakustischen Wandler (P1, P2) erhaltenen Signale

korreliert und daß man aus der Zeitdifferenz des Eintreffens zusammengehöriger Signale an den Enden der Sensorschläuche (S1, S2) den Ort des Eindringens bestimmt.

5

10

15

20

25

30

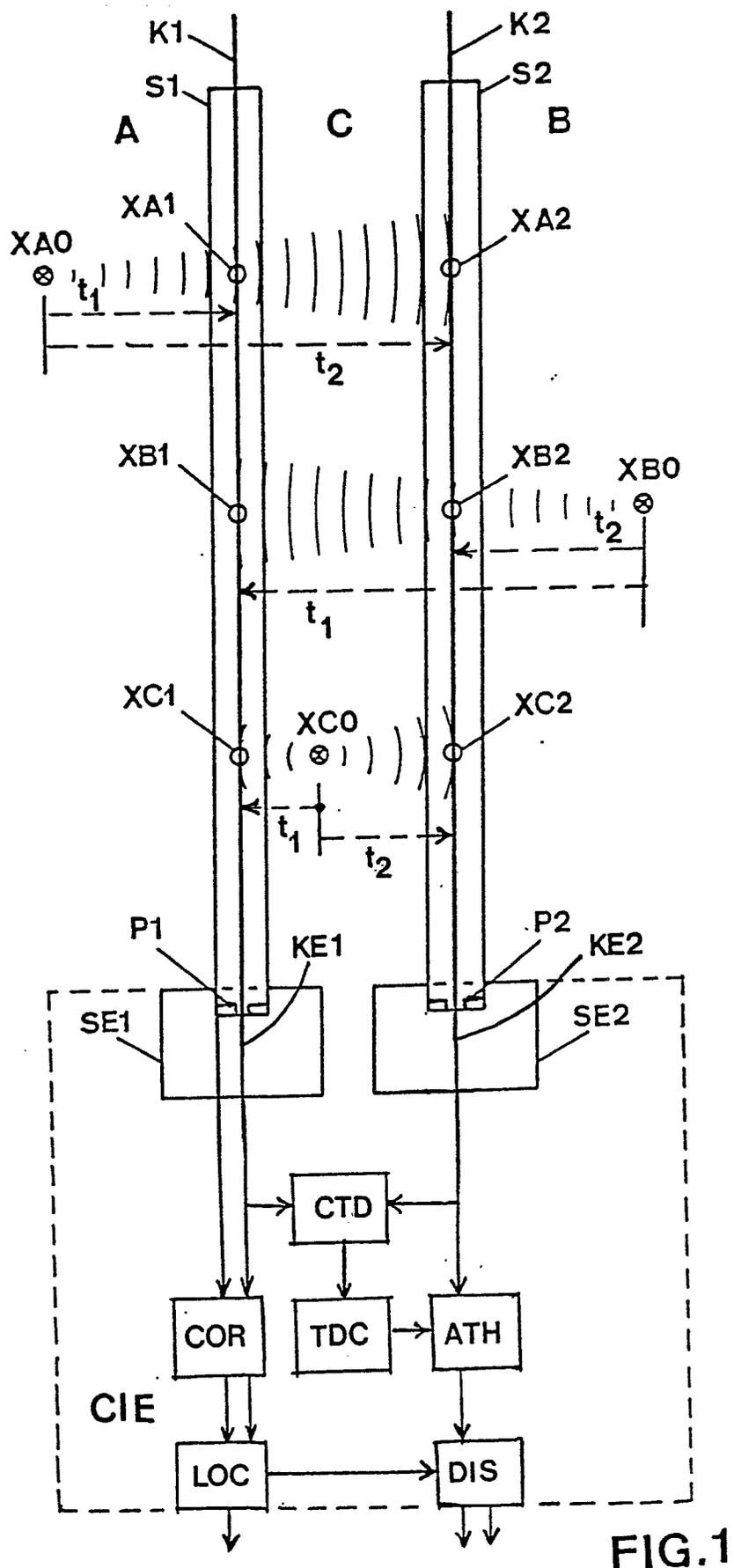
35

40

45

50

55



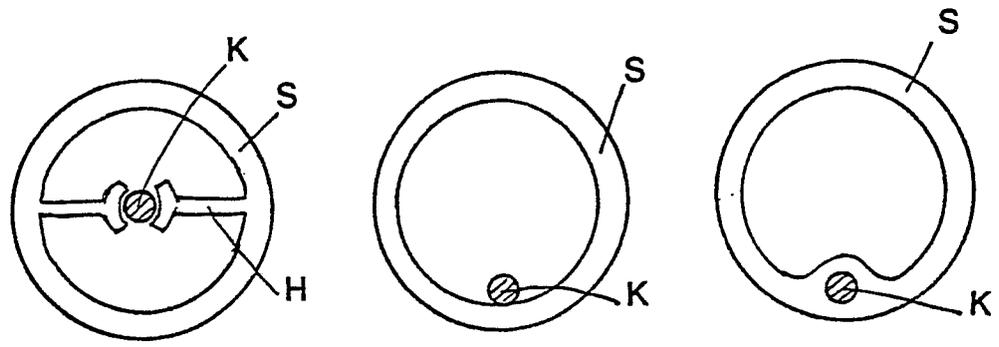


FIG. 2 a

b

c

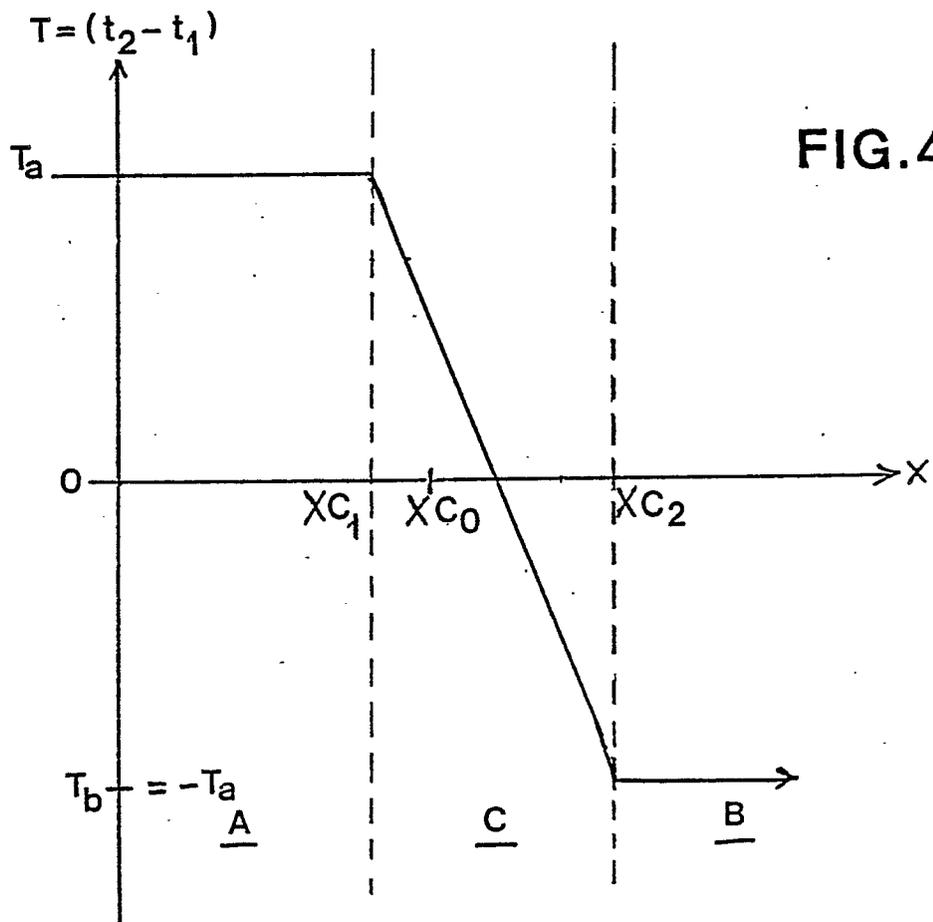


FIG. 4

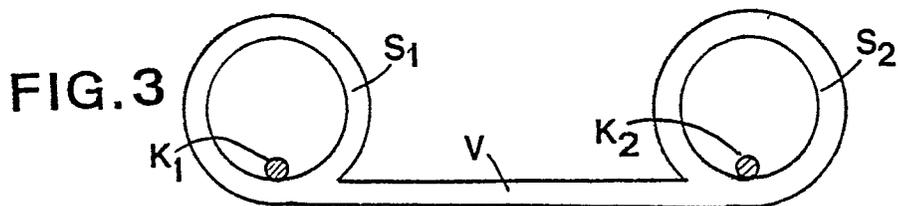


FIG. 3



EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5)
A, D	US-A-3 438 021 (NELKIN) * Spalte 2, Zeile 15 - Spalte 3, Zeile 48 *	1-4,8-10	G 08 B 13/20
A	US-A-4 400 695 (RITTENBACH) * Spalte 14, Zeile 51 - Spalte 15, Zeile 11; Figur 22 *	1,8	
A	US-A-3 611 341 (GAVIN) * Zusammenfassung *	1,8	
A	US-A-3 831 162 (ARMSTRONG) * Zusammenfassung *	1,8	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.5)
			G 08 B G 08 G
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
DEN HAAG	29-09-1989	SGURA S.	
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 andern Gründen angeführtes Dokument	
P : Zwischenliteratur		& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	