

19



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



11 Veröffentlichungsnummer: **0 654 685 A2**

12

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: **94113593.1**

51 Int. Cl.⁶: **G01V 3/10**

22 Anmeldetag: **31.08.94**

30 Priorität: **18.11.93 DE 4339419**

71 Anmelder: **Vallon GmbH
Im Grund 3
D-72800 Eningen (DE)**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
24.05.95 Patentblatt 95/21

72 Erfinder: **Keller, Helmut
Beim Herbstenhof 54
D-72076 Tübingen (DE)**

84 Benannte Vertragsstaaten:
AT DE FR GB IT

74 Vertreter: **Ott, Elmar, Dipl.-Ing.
Ott . Klocke . Neubauer
Patentanwälte,
Kappelstrasse 8
D-72160 Horb 1 (DE)**

54 **Einrichtungen und Verfahren zum Erkennen von Metallgegenständen.**

57 Sonde für ein Metallsuchgerät mit mindestens einer Sende- und Empfangsspule (1, 2), bei der in einem Gehäuse zwei nebeneinander im wesentlichen ovale Sende- und Empfangsspulen angeordnet sind, die sich teilweise an den beiden einander zugewandten inneren Längsseiten (5, 6) überlagern. Die Längsachsen der Spulen verlaufen parallel zueinander und die Querachsen liegen auf einer Linie, wobei der Abstand (d) zwischen den beiden sich überlagernden Längsseiten (5, 6) der Spulen so gewählt ist, daß der Wechselinduktionskoeffizient minimal ist. Eine derart ausgestaltete Sonde erlaubt die Erfassung von Metallgegenständen auch mit kurzer Zeitkonstante. Darüber hinaus verbessert sie die genaue Punktbestimmung eines Gegenstandes, da die beiden Spulen wie zwei unabhängig voneinander arbeitende Detektoren arbeiten, deren Empfangssignale dadurch Absolutmessungen als auch Differenzmessungen erlauben. Ein gepulster Metalldetektor mit einer derart ausgestalteten Sonde sowie ein Verfahren zur Erkennung von Metallgegenständen und der Verwendung einer derartigen Sonde sind ebenfalls beschrieben.

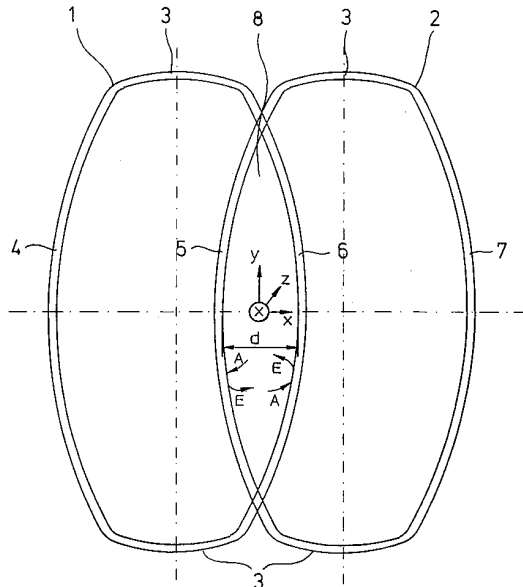


Fig. 1

EP 0 654 685 A2

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Sonde für ein Metallsuchgerät mit mindestens einer Sende- und Empfangsspule. Die Erfindung betrifft außerdem einen gepulsten Metalldetektor mit einer derartigen Sonde und einer dafür geeigneten elektronischen Schaltungsanordnung. Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Erkennen von Metallgegenständen unter Verwendung der Sonde bei dem durch Abschalten eines Magnetfelds in dem Gegenstand ein Wirbelstrom induziert und die durch das Abklingen des Wirbelstroms induzierte Spannung erfaßt wird.

Metalldetektoren, mit denen üblicherweise der Erdboden oder sonstige nichtmetallene Medien untersucht werden, bestehen im wesentlichen aus einer flachen Sonde, die eine oder mehrere Suchspulen aufnimmt. In dem Metalldetektor ist außerdem eine Geräteelektronik mit eigener Stromversorgung angeordnet, die beim Auftreten von Metallen akustische oder optische Anzeigesignale erzeugt. Die Suchspule kann dabei aus getrennten Sende- und Empfangsspulen bestehen, die auch zu einer Spule zusammengefaßt sein können.

Bei derartigen Metalldetektoren werden von der Sonde ein elektromagnetisches Wechselfeld oder auch kurze Impulse ausgesandt, die in den metallischen Suchobjekten Wirbelströme induzieren, die ihrerseits ein Sekundärfeld bewirken, welches als Ortungssignal auf die Sonde zurückwirkt.

Bei Metalldetektoren, die nach dem Pulssystem arbeiten, kann erst nach einem bestimmten zeitlichen Abstand nach dem Ausschalten des Sendeimpulses ein von dem Objekt abhängiges Meßsignal erkannt und ausgewertet werden. Dabei wird die Charakteristik des Abklingens des in dem Gegenstand induzierten Wirbelstroms als Meßsignal verwertet. Dabei beeinflussen die Zeitkonstanten der Metallgegenstände die Abklingzeit des Wirbelstroms und damit auch des Meßsignals. Da erst nach einem bestimmten zeitlichen Abstand zum Ausschalten des Sendeimpulses die Abklingcharakteristik meßtechnisch überprüft werden kann, gehen wichtige Meßwerte für Metallgegenstände mit relativ kurzen Zeitkonstanten verloren und werden nicht erfaßt.

Aus dem deutschen Gebrauchsmuster DE 88 11 496.1 U1 ist eine im wesentlichen ovale Detektorsonde mit geraden Stirnseiten bekannt, bei der eine Spule zugleich als Sendespule und als Empfangsspule dient. Eine derart ausgestaltete Detektorsonde weist eine relativ leichte Spulenkonstruktion auf und erlaubt eine gute genaue Bestimmung bei einzelnen Objekten.

Bei einer anderen bekannten Detektorsonde wird eine innenliegende Empfangsspule zentrisch von einer außenliegenden Sendespule umschlossen. Diese Sondenordnung erlaubt eine einfache elektronische Schaltung, da die Spulen räumlich

voneinander getrennt sind. Gegenüber der vorher erwähnten Sondenordnung ist mit dieser Sonde eine weniger gute genaue Punktbestimmung von Objekten möglich.

5 Aus der DE 93 00 788.4 U1 ist eine Detektorsonde bekannt, bei der eine außenliegende Sendespule das elektromagnetische Feld aussendet, das von zwei innenliegenden, in Differenz geschalteten Empfangsspulen ausgewertet wird. Die derart ausgestaltete Detektorsonde ist durch die drei erforderlichen Wicklungen für die Spulen relativ schwer. Dafür ist eine gute Anpassung an mineralhaltige Böden gegeben, da die Spulen in Differenz geschaltet sind.

10 15 Unabhängig von der oben beschriebenen Spulenform ergeben sich bei den Metalldetektoren, die nach dem Pulssystem arbeiten, Schwierigkeiten bei der Detektion von Metallarten mit sehr kurzer Zeitkonstante.

20 Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Lösung vorzuschlagen, bei der die Detektion von Metallarten mit sehr kurzen Zeitkonstanten bei gepulsten Metallsuchsystemen verbessert wird.

25 Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Sonde gemäß den Merkmalen des Hauptanspruchs gelöst. Darüber hinaus umfaßt die Lösung einen gepulsten Metalldetektor mit einer derartigen Sonde gemäß den Merkmalen des Anspruchs 6. Ferner umfaßt die Lösung ein Verfahren zum Erkennen von Metallgegenständen unter Verwendung der erfindungsgemäßen Sonde gemäß den Merkmalen des Anspruchs 10.

30 35 Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen sind den jeweiligen Unteransprüchen zu entnehmen.

Die erfindungsgemäß ausgestaltete Sonde für ein Metallsuchgerät weist zwei nebeneinander angeordnete, im wesentlichen ovale Sende- und Empfangsspulen auf. Die beiden Sende- und Empfangsspulen sind dabei so angeordnet, daß die sich an den beiden einander zugewandten inneren Längsseiten überlagern und dabei einen zentralen überschneidenden Bereich bilden. Gleichzeitig sind die Längsachsen der Spulen parallel zueinander angeordnet und die Querachsen liegen auf einer Linie. Damit sind die beiden Spulen in dem Sondengehäuse symmetrisch zu dem Mittelpunkt in dem zentralen Bereich angeordnet. Jede einzelne Spule dient als Sende- und dann als Empfangsspule, so daß die Sonde zwei selbständige Detektoren enthält. Wichtig ist, daß der Abstand zwischen den beiden sich überlagernden Längsseiten der Spulen so gewählt ist, daß der Wechselinduktionskoeffizient minimal ist. Dies bedeutet, daß ein von der einen Spulen ausgehendes Magnetfeld in der anderen Spule gerade möglichst keine Spannung induziert. Dieser Abstand ist abhängig von der einzelnen Spulenform und muß daher individuell und

experimentell für jede einzelne Spulenform bestimmt werden. In der Praxis wird dabei versucht, möglichst einen Wert zu erreichen, der Null ist oder der nahe bei Null liegt.

Eine derartige Anordnung ermöglicht somit den
5
möglichst ungestörten Betrieb der einzelnen Spulen als Sende- und Empfangsspulen und erlaubt darüberhinaus durch die symmetrische Anordnung Absolutmessungen als auch Differenzmessungen, ohne daß eine dritte Spule zum Feldebau notwendig ist. Durch entsprechende digitale Verarbeitung kann die Funktion der Spulen in kurzen Zeiten zyklisch umgeschaltet werden, so daß jede Spule für sich einmal eine Sende- und Empfangsspule bildet, und darüberhinaus jede Spule eine Empfangsspule ist, wenn die benachbarte Spule gerade als Sendespule geschaltet ist. Damit erlaubt die besondere Sondenform auch das Erfassen von Metallgegenständen mit kleiner Zeitkonstante.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Sonde
20
weist die Sonde mindestens zwei Querstege auf, die jeweils von der äußeren Längsseite einer Spule zu der inneren Längsseite der anderen Spule verlaufen. Dieser Aufbau gibt der Sonde eine gute Stabilität. In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist in dem Bereich des zentralen Bereichs ein Tragrohr befestigbar, so daß die Sonde am Schwerpunkt gehalten und bewegt wird. Diese Maßnahmen erlauben eine gute Handhabung der Sonde.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung sind die beiden Spulen an ihren Stirnseiten abgeflacht, da sich diese Formgestaltung in der Praxis bewährt hat. Als besonders zweckmäßig hat sich auch gezeigt, die Spulen als Rahmenspulen mit U-Profil auszubilden, in das die einzelnen Wicklungen eingelegt sind. Dadurch wird auf einfache Weise eine gute Stabilität und sichere Halterung der Spulen gewährleistet.

Der erfindungsgemäß ausgestaltete Metalldetektor mit einer derartigen Sonde umfaßt eine elektronische Schaltungsanordnung, die mindestens einen Sendeschaltkreis und einen Empfangsschaltkreis, einen Auswerteschaltkreis mit einer Ausgabeinheit und einen Steuerschaltkreis umfaßt, wobei
45
jede Spule mit einem Sendeschaltkreis und mit einem Empfangsschaltkreis und der Steuerschaltkreis mit den Sende- und Empfangsschaltkreisen verbunden ist. Dadurch kann jede einzelne Spule als getrennt arbeitender Detektor arbeiten, in dem
50
das einmal ausgesandte Signal wieder empfangen wird. Der Steuerschaltkreis bewirkt eine zyklische Umschaltung der einzelnen Sende- und Empfangsschaltkreise, so daß jede Spule, wie bereits erwähnt, für sich als Sende- und Empfangsspule wirkt, und gleichzeitig die eine Spule als Empfangsspule aktiv ist, wenn die andere Spule sendet. Durch diese Maßnahme ist es möglich, in dem

Zeitbereich, in dem der Strom der Sendespule nach Abschalten der Sendespannung auf Null geht, ebenfalls Meßsignale zu empfangen, um auch Metallgegenstände mit einer kurzen Zeitkonstante zu detektieren.

Nach dem Abschalten der Spannung zum Zeitpunkt $t = 0$ in der einen als Sendespule wirkenden Spule schaltet der Steuerschaltkreis die andere Spule als Empfangsspule, bis zum Zeitpunkt $t = t_1$
10
der Strom in der Sendespule auf Null abgeklungen ist. Der zugeordnete Auswerteschaltkreis wertet das in diesem Zeitintervall von der anderen als Empfangsspule gemessene Meßspannungssignal als Ausgangssignal aus und gibt dies als akustisches oder optisches Signal über eine Ausgabeinheit ab.

Für die Zeit $t > t_1$ bis zu dem Zeitpunkt an dem das Meßspannungssignal abgeklungen ist, schaltet der Steuerschaltkreis die ursprünglich bis zum Zeitpunkt $t = 0$ als Sendespule wirkende Spule als Empfangsspule. Dieser Vorgang wird zyklisch für die eine und dann für die andere Spule durch den Steuerschaltkreis bewirkt. Dadurch gelangen an den Auswerteschaltkreis eine Folge von Meßspannungssignalen, die durch den Fachmann bekannte Einrichtungen analog oder digital weiterverarbeitet werden. Durch Vergleich der von den verschiedenen Empfangsspulen gelieferten Signalen, beispielsweise durch Differenzbildung, Minimumbildung oder dergleichen, kann die Lage des Metallgegenstandes ermittelt und in ein akustisches Signal umgewandelt werden. Wenn der Metallgegenstand sich direkt in der Mitte zwischen den beiden Spulen befindet, wird bei der üblicherweise akustischen Signalausgabe ein maximaler Ton zu hören sein.

Aufgrund der Erfindung ist es somit möglich, Metallgegenstände, die sich genau in der Mitte zwischen den beiden Spulen befinden, sehr genau zu lokalisieren, da die in den beiden in diesem Fall getrennt wirkenden Detektorspulen aus symmetriegründen die gleiche Signalstärke erzeugt wird. Darüberhinaus kann dadurch, daß der Wechselinduktionskoeffizient nahezu Null ist auch in dem Bereich $0 < t < t_1$ gemessen werden. Dies ist bei einzelnen Spulen oder Spulen mit einem hohen Wechselinduktionskoeffizienten wegen der durch den Abbau des Sendefeldes verursachten Störspannung nicht möglich. Durch die zusätzliche Messung in diesem Zeitbereich wird die Empfindlichkeit für Gegenstände mit kleinen Zeitkonstanten erhöht. Darüberhinaus können Gegenstände, die sowohl einen Abklingeffekt als auch ein Ferritverhalten zeigen, z. B. mineralhaltiges Gestein in bestimmter Konzentration, unterdrückt werden.

Die Erfindung wird nachfolgend in Verbindung mit den begleitenden Zeichnungen näher erläutert. Es stellen dar:

Figur 1 die Anordnung der beiden Ovalspulen;
Figur 2 a bis c mit verschiedenen Ansichten des
Sondengehäuses;

Figur 3 eine Darstellung der verschiedenen Spulen-
kombinationen als Sende- und/oder Empfangsspule;

Figur 4 a bis c die typischen Verläufe von Strom
und Spannung in der Sendespule und die induzierte
Spannung in der Meßspule; und

Figur 5 eine prinzipielle Schaltungsanordnung.

Figur 1 zeigt die Anordnung der im wesentlichen ovalen Spulen 1, 2 zueinander. Die beiden Längsachsen sind parallel zueinander angeordnet und die Querachsen bilden eine Linie. Jede Spule weist abgeflachte Stirnseiten 3 und bogenförmig verlaufende Längsseiten auf, die mit 4, 5 für die Spule 1 und mit 6, 7 für die Spule 2 bezeichnet sind. Die beiden einander zugewandten Längsseiten 5 und 6 der Spule 1 bzw. 2 überschneiden sich und bilden einen zentralen Bereich 8. Die beiden Spulen sind so angeordnet, daß sie symmetrisch zu dem in dem zentralen Bereich 8 dargestellten Koordinatensystem sind. Der Abstand d zwischen den beiden Längsseiten 5 und 6, der die Breite des zentralen Bereichs 8 bestimmt, ist so ausgelegt, daß der Wechselinduktionskoeffizient Null beträgt oder möglichst nahe Null ist. Die Ermittlung des Abstandes d erfolgt im wesentlichen experimentell und ist abhängig von der Ausgestaltung der einzelnen Spulen. Mit den A und E ist das Anfang bzw. das Ende der jeweiligen Spule angegeben.

Figur 2a zeigt die Draufsicht auf eine Sonde 9 mit den Spulen 1 und 2, den abgeflachten Stirnseiten 3 sowie den Längsseiten 4, 5, 6 und 7. In der Mitte jeder Spule befindet sich noch ein Quersteg 10, der zusätzlich den zentralen Bereich 8 mit den äußeren Längsseiten 4 und 7 verbindet. In dem zentralen Bereich 8 ist eine Halterung 9 zur Befestigung eines nicht dargestellten Tragrohres vorgesehen. Die Spulen sind in einem Gehäuse 14 aus Kunststoff eingegossen.

Figur 2b zeigt einen Längsschnitt durch die Sonde 9 parallel zur Zeichenebene, aus dem ersichtlich ist, daß der Quersteg 10 jeweils die äußere Längsseite 4, 7 einer Spule mit der inneren Längsseite 5 bzw. 6 der anderen Spule verbindet. Die Wicklungen 12 der einzelnen Spulen 1, 2 sind in einem U-Profilrahmen 13 eingelegt. Durch die Überlagerung der beiden Spulen im Bereich des zentralen Bereichs 8 liegen die Spulen in diesem Bereich nicht in einer Ebene. Es ist jedoch auch denkbar einen entsprechenden U-Profilrahmen zu gestalten, der die vollständige ebene Anordnung der beiden Spulen 1, 2 vorsieht.

Figur 2c zeigt eine Seitenansicht der Sonde 9 mit dem Sondengehäuse 14 und der Halterung 11 für das Tragrohr. Gestrichelt ist der U-Profilrahmen 13 dargestellt.

Figur 3 zeigt die prinzipielle Darstellung der möglichen Kombinationen der einzelnen Spulen als Sende- und/oder Empfangsspule. In den Schaltbildern ist der Sender mit T der Empfänger mit R und die Spule mit L bezeichnet. Insgesamt gibt es für die beiden Spulen vier Meßkanäle, wobei zwei Meßkanäle als Eigenkanäle E und zwei Kanäle als Fremdkanäle F bezeichnet werden. Bei den Eigenkanälen sendet der jeweilige Sender T der Spule und der jeweilige Empfänger R empfängt. Bei den Fremdkanälen F sendet der Sender T der einen Spule, während der Empfänger R der anderen Spule empfängt.

Figur 4 zeigt die zeitlichen Verläufe des Stroms (a) und der Spannung (b) in der Sendespule sowie die induzierte Spannung in der Meßspule (c) in Relation zueinander. Es handelt sich dabei um ideelle typische Verläufe. Zu einem Zeitpunkt $t = 0$ wird der Strom in der Sendespule abgeschaltet, so daß dieser aufgrund der Induktivität bis zum Zeitpunkt $t = t_1$ auf Null zurückgeht. Da die Spannung U_S an der Sendespule sich aus dI/dt ergibt springt die Spannung auf einen negativen Wert bis zum Zeitpunkt $t = t_1$ an dem sie ebenfalls wie der Strom I_S zu Null wird. Die induzierte Spannung in der Meßspule, die durch das Meßobjekt ausgelöst wird, ergibt sich aus der ersten Ableitung der in dem Diagramm dargestellte Spannung U_{mess} zeigt die Verläufe bis zum Zeitpunkt t_1 verschiedene Zeitkonstanten. Bis zum Zeitpunkt $t = t_1$ steigt der Strom in dem Meßobjekt in Abhängigkeit von der jeweiligen Objektabhängigen Zeitkonstante mit einer $(1 - e)$ -Funktion an, um dann zum Zeitpunkt $t = t_1$ mit einer e -Funktion abzunehmen. Infolgedessen erfolgt bei der Meßspannung U_{mess} zum Zeitpunkt $t = t_1$ ein Sprung. Die einzelnen einander zugeordneten Verläufe sind mit den Bezugszahlen 1 bis 4 gekennzeichnet. Aus dem Diagramm ist ersichtlich, daß Materialien mit einer kleinen Zeitkonstante bei einer Messung, die erst zum Zeitpunkt $t = t_1$ beginnt, nicht mehr sinnvoll erfaßt werden können. Entsprechendes gilt für ferritähnliches Material, dessen Verlauf in dem Diagramm mit 4 bezeichnet ist. Dieser Meßspannungsverlauf springt zum Zeitpunkt $t = t_1$ auf Null, so daß die Erfassung nicht möglich ist. Durch die Verwendung der anderen Spule als Empfangsspule für den Bereich $0 < t < t_1$ ist es gemäß der vorliegenden Erfindung möglich, auch in diesem Bereich ein auswertbares Meßsignal U_{mess} zu erhalten, so daß Materialien mit kleiner Zeitkonstante erfaßt werden können.

Figur 5 zeigt einen prinzipiellen Schaltkreis mit den Sendern T_1 und T_2 den Empfängern R_1 , R_2 und den zugehörigen Spulen L_1 und L_2 die zueinander parallel geschaltet sind. Zusätzlich zeigt das Schaltbild eine Steuerschaltung S, einen Auswerte-

schaltkreis A und eine Ausgabereinheit O. Die Steuerschaltung ist mit den Sendeschaltkreisen T_1 , T_2 und Empfangsschaltkreisen R_1 und R_2 sowie der Auswerteschaltung A verbunden. Zusätzlich sind die Empfangsschaltkreise R_1 , R_2 mit dem Auswerteschaltkreis A zur Übertragung des empfangenen Signals verbunden. Die Ausgabereinheit O, die im wesentlichen einen spannungsgesteuerten Oszillator VCO sowie einen Lautsprecher umfaßt, ist mit dem Auswerteschaltkreis A verbunden.

Der Steuerschaltkreis S schaltet zyklisch die Sendeschaltkreise T_1 , T_2 die Empfangsschaltkreise R_1 , R_2 sowie den Auswerteschaltkreis A, so daß bei Eigenkanalbetrieb der Empfangsschaltkreis R_1 bzw. R_2 von dem Sendeschaltkreis T_1 bzw. T_2 ausgesandte Signale, und bei Fremdkanalbetrieb der Empfangsschaltkreise R_1 , R_2 vom Sendeschaltkreis T_2 bzw. T_1 ausgesandte Signale empfängt. Die Auswerteschaltung wertet, durch die Steuerschaltung beeinflusst, die entsprechenden empfangenen Signale in einer dem Fachmann geläufigen Art und Weise, beispielsweise durch Differenzbildung oder Minimumbildung, aus und liefert ein entsprechendes Signal an die Ausgabereinheit O. Dort wird das Signal akustisch und/oder optisch ausgegeben.

Patentansprüche

1. Sonde für ein Metallsuchgerät mit mindestens einer Sende- und Empfangsspule, gekennzeichnet durch zwei nebeneinander angeordnete, im wesentlichen ovale Sende- und Empfangsspulen (1, 2), die sich teilweise an den beiden einander zugewandten inneren Längsseiten (5, 6) überlagern und einen zentralen Bereich (8) bilden, wobei die Längsachsen der Spulen (1, 2) parallel zueinander verlaufen und die Querachsen auf einer Linie liegen, und der Abstand (d) zwischen den beiden sich überlagernden Längsseiten (5, 6) der Spulen (1, 2) so gewählt ist, daß der Wechselinduktionskoeffizient minimal ist.
2. Sonde nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Sonde (9) mindestens zwei Querstege (10) aufweist, die jeweils von der äußeren Längsseite (4, 7) eine Spule zu der inneren Längsseite (5, 6) der anderen Spule verlaufen.
3. Sonde nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die beiden Spulen (1, 2) in einem gemeinsamen Gehäuse (14) angeordnet sind, an dem im Bereich des zentralen Bereichs (8) ein Tragrohr befestigbar ist.
4. Sonde nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Spulen (1, 2) an ihren Stirnseiten (3) abgeflacht sind.
5. Sonde nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Spulen (1, 2) als Rahmenspulen mit U-Profil ausgebildet sind.
6. Gepulster Metalldetektor mit einer Sonde nach einem der vorangegangenen Ansprüche und einer elektronischen Schaltungsanordnung, die mindestens einen Sendeschaltkreis und einen Empfangsschaltkreis, einen Auswerteschaltkreis mit einer Ausgabereinheit und einen Steuerschaltkreis umfaßt, **dadurch gekennzeichnet**, daß jede Spule (L_1 , L_2) mit einem Sendeschaltkreis (T_1 , T_2) und mit einem Empfangsschaltkreis (R_1 , R_2) und der Steuerschaltkreis (S) mit den Sende- und Empfangsschaltkreisen verbunden ist, wobei der Steuerschaltkreis die Sende- und Empfangsschaltkreise zyklisch umschaltet, so daß jede Spule für sich als Sende- und Empfangsspule wirkt und gleichzeitig die eine Spule (L_1 , L_2) als Empfangsspule aktiv ist, wenn die andere Spule (L_2 , L_1) sendet.
7. Gepulster Metalldetektor nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Steuerschaltkreis (S) nach dem Abschalten des Stroms zum Zeitpunkt $t = 0$ in der einen als Sendespule wirkenden Spule die andere Spule bis zum Zeitpunkt $t = t_1$, an dem der Strom in der Sendespule auf Null abgeklungen ist, als Empfangsspule schaltet, und der Auswerteschaltkreis (A) das in diesem Zeitintervall gemessene Meßspannungssignal (U_{mess}) als Ausgangssignal an die Ausgabereinheit (O) abgibt.
8. Gepulster Metalldetektor nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Steuerschaltkreis (S) für die Zeit $t > t_1$ bis zu dem Zeitpunkt an dem das Meßsignal abgeklungen ist, die bis zum Zeitpunkt $t = 0$ als Sendespule wirkende Spule als Empfangsspule schaltet.
9. Gepulster Metalldetektor nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Auswerteschaltkreis (A) durch den Vergleich aus den abwechselnd von den beiden Spulen gelieferten Signale ein Ausgangssignal für die Ausgabereinheit (O) ermittelt.
10. Verfahren zum Erkennen von Metallgegenständen, bei dem durch Abschalten eines Magnetfelds in dem Gegenstand ein Wirbelstrom in-

duziert und die durch das Abklingen des Wirbelstromes induzierte Spannung erfaßt wird, unter Verwendung einer Sonde nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Spulen zyklisch umgeschaltet werden, so daß jede Spule als getrennter Detektor mit einer Spule, die sowohl als Sendespule als auch als Empfangsspule dient, wirkt, und gleichzeitig die eine Spule als Empfangsspule aktiv ist, wenn die andere Spule sendet.

5

10

11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß nach dem Abschalten der Spannung der einen sendenden Spule zum Zeitpunkt $t = 0$ bis zum Zeitpunkt $t = t_1$ an dem der Strom in dieser Spule auf Null abgesunken ist, die andere Spule als Empfangsspule betrieben wird.

15

20

12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß für die Zeit $t > t_1$ bis zu dem Zeitpunkt, an dem die induzierte Spannung abgeklungen ist, die bis zum Zeitpunkt $t = 0$ als Sendespule wirkende Spule als Empfangsspule betrieben wird.

25

13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, daß aus den abwechselnd von den Spulen gemessenen induzierten Spannungen durch Vergleich ein Ausgabesignal ermittelt wird.

30

35

40

45

50

55

6

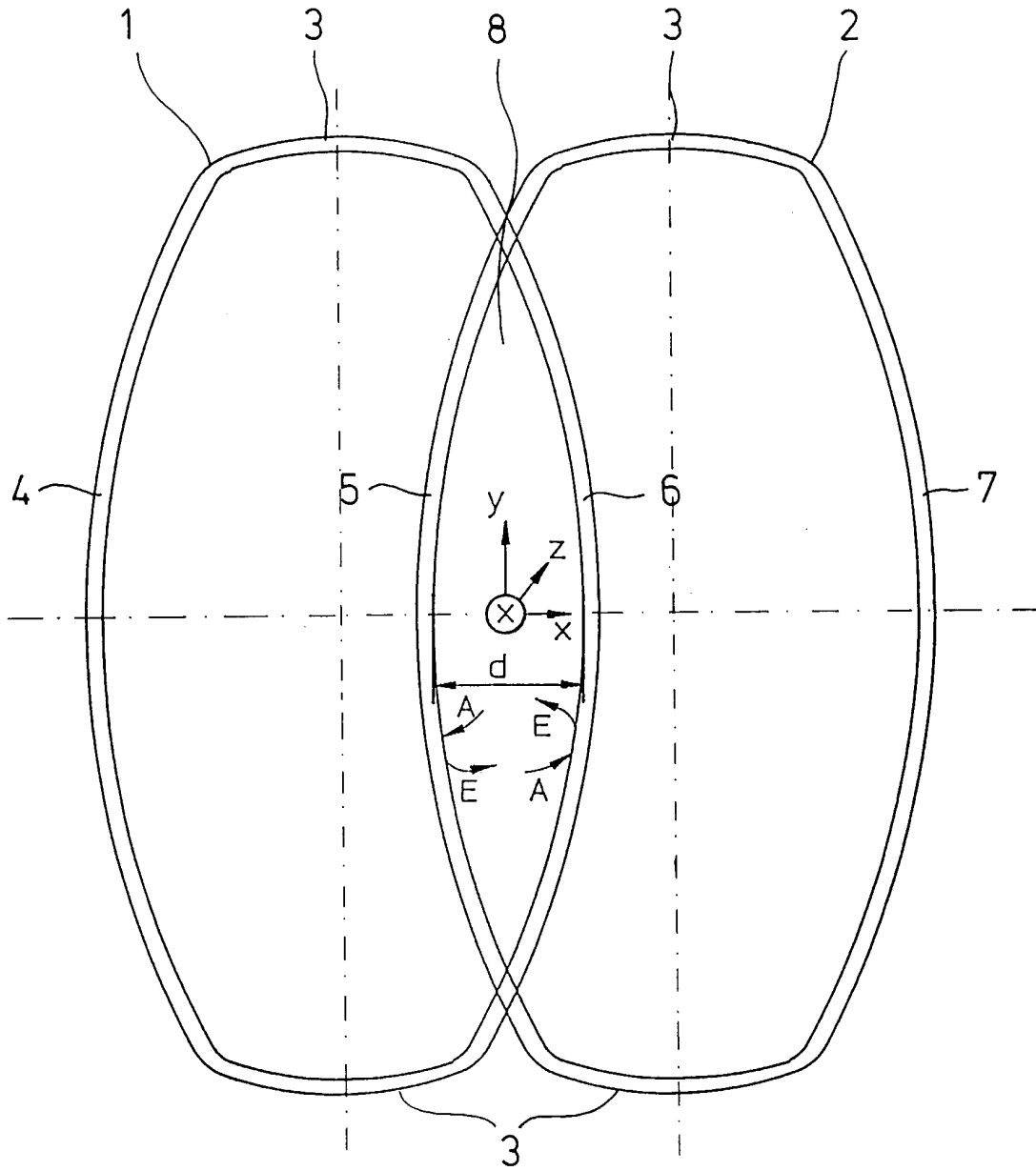


Fig. 1

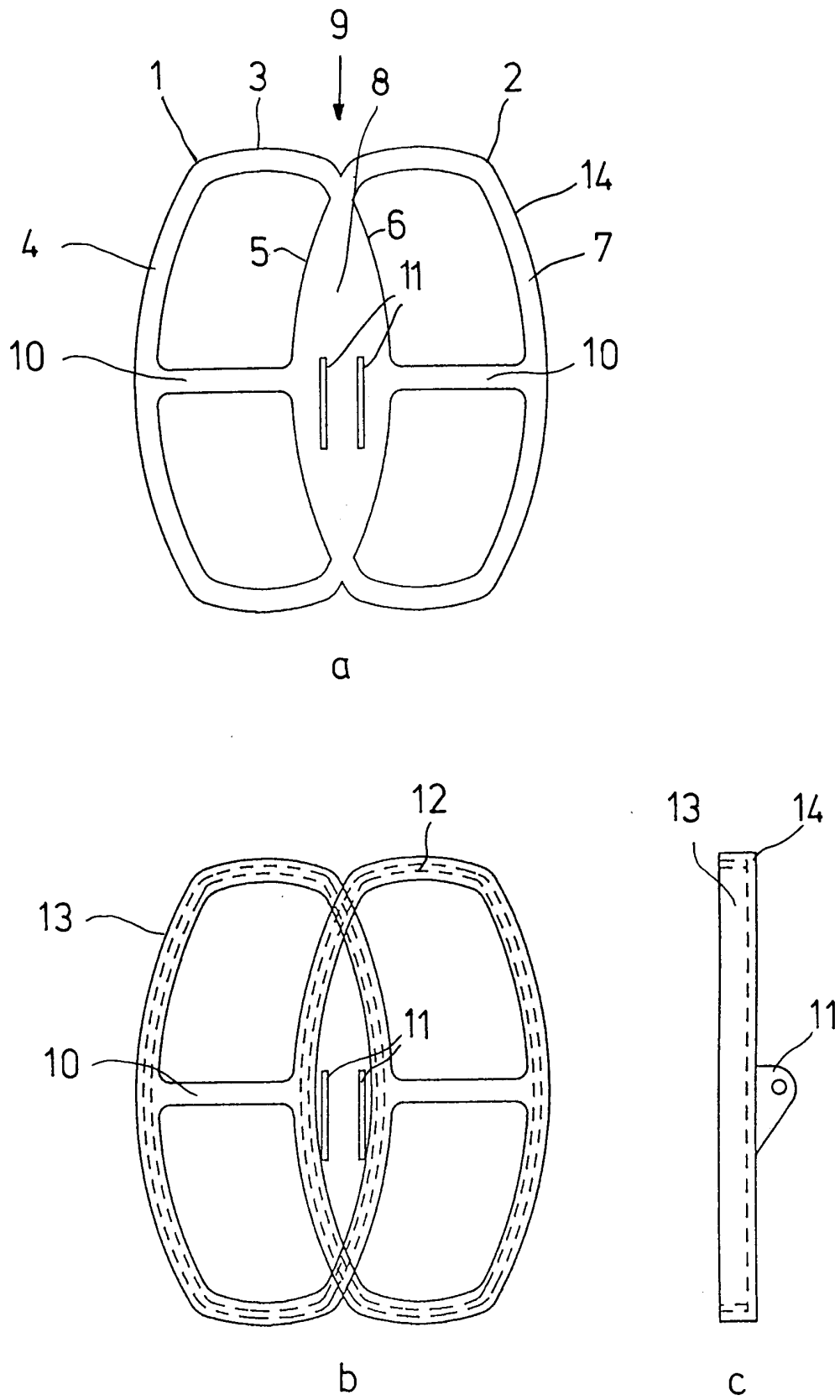


Fig. 2

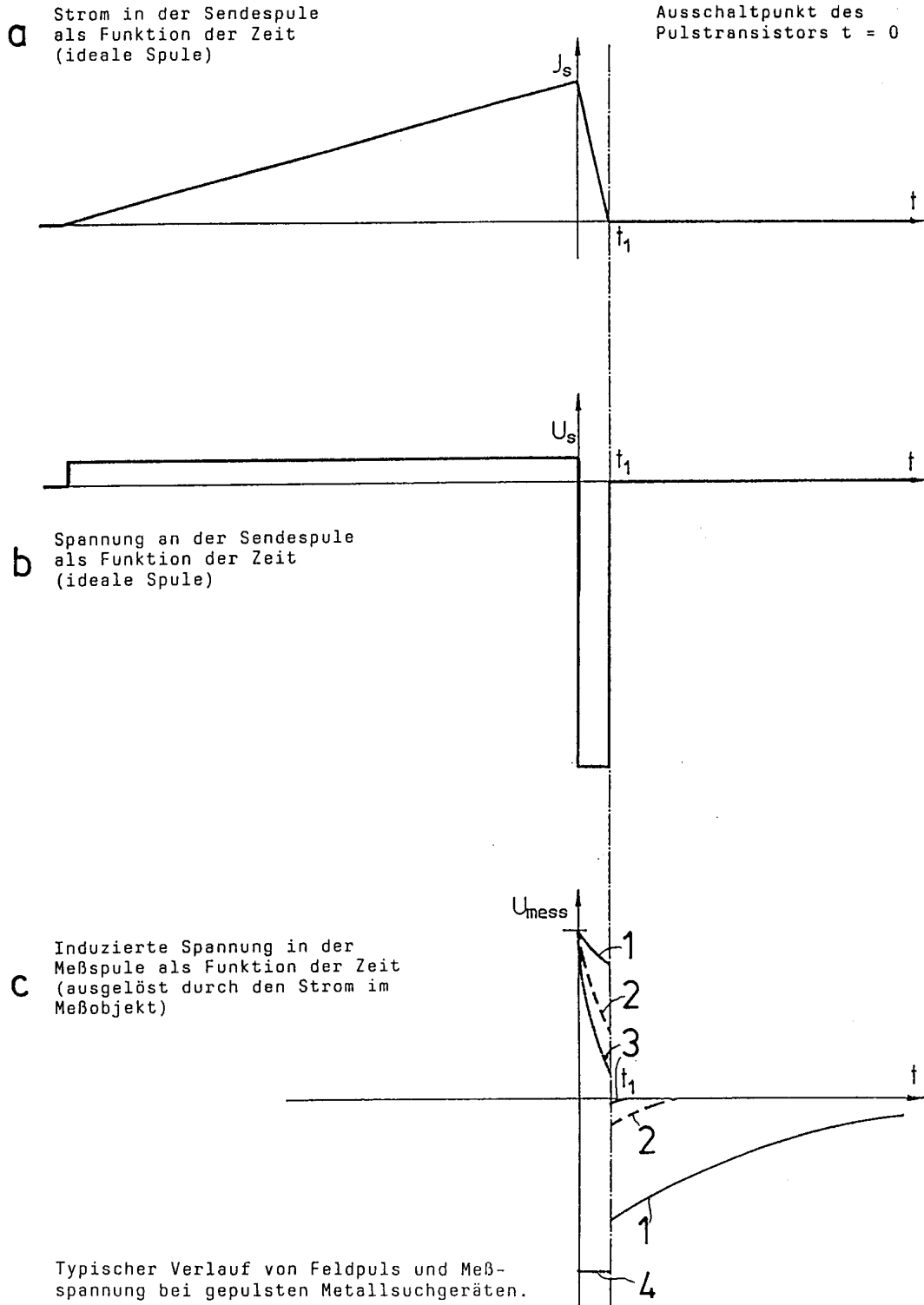
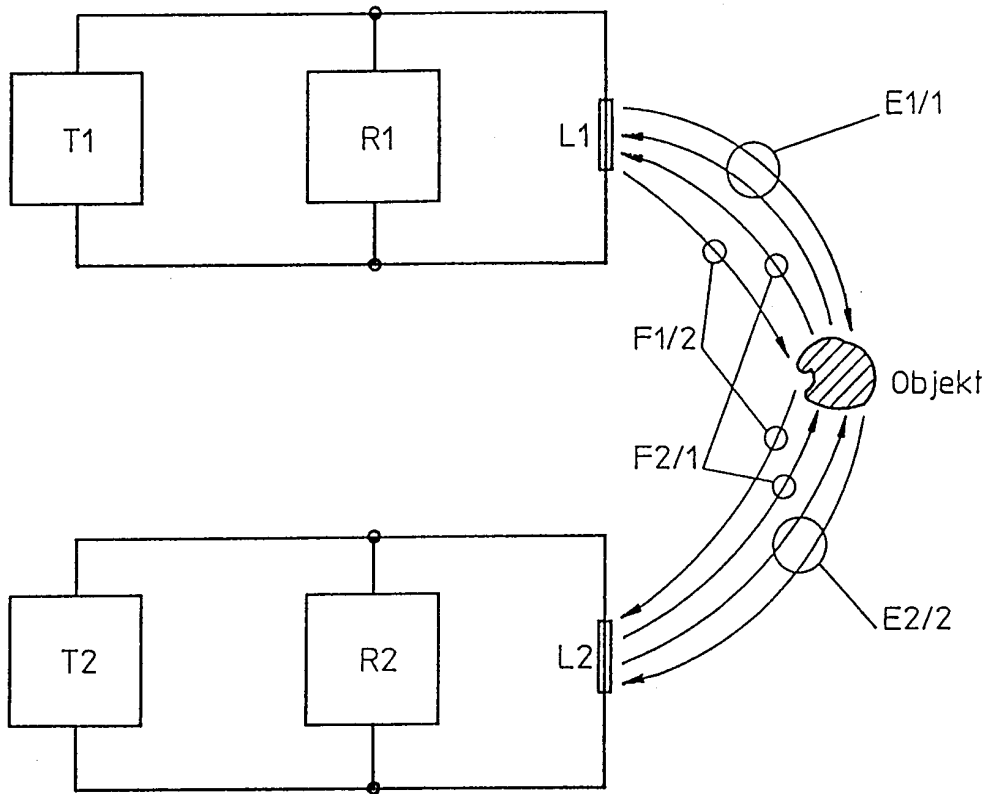


Fig. 3



4 Meßkanäle: T = Sender R = Empfänger

E1/1	T1 sendet, R1 empfängt	} Eigenkanäle
E2/2	T2 sendet, R2 empfängt	
F1/2	T1 sendet, R2 empfängt	} Fremdkanäle
F2/1	T2 sendet, R1 empfängt	

Fig. 4

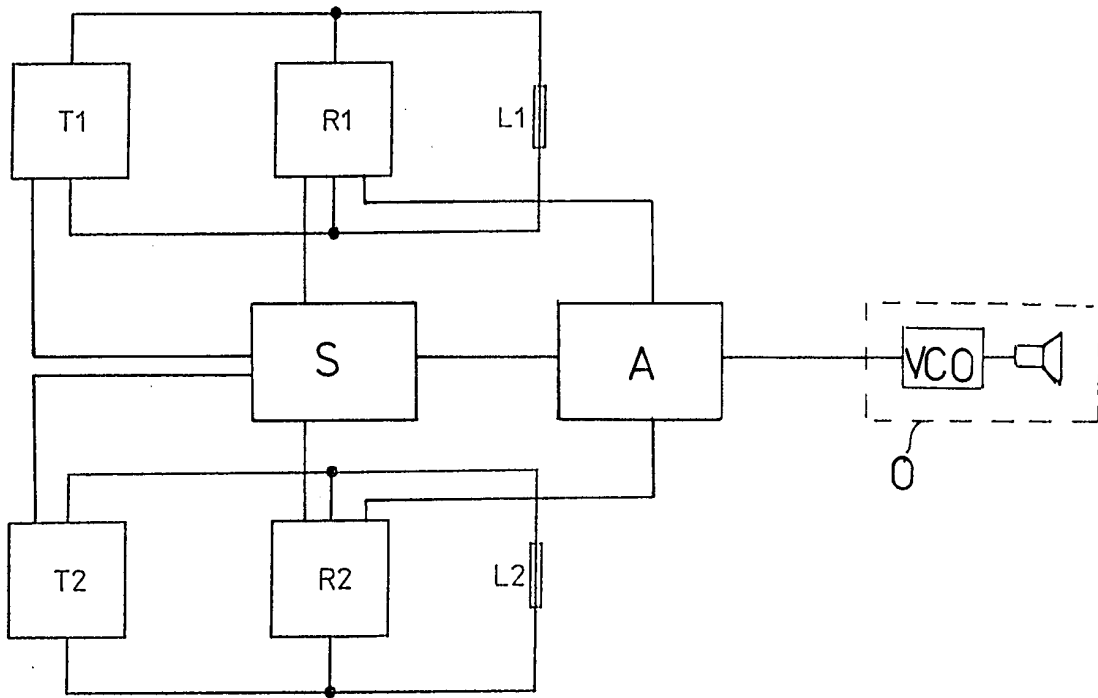


Fig. 5