

**SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT**  
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) **CH 696 043 A5**

(51) Int. Cl.: **G01N 29/00** (2006.01)  
**G07D 7/08** (2006.01)  
**B07C 5/34** (2006.01)

**Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein**

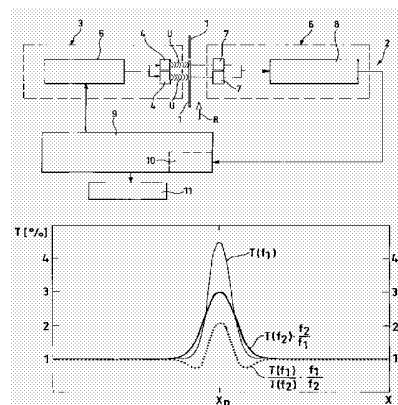
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENT-SCHRIFT**

<p>(21) Gesuchsnummer: 01310/02</p> <p>(22) Anmeldedatum: 25.07.2002</p> <p>(30) Priorität: 31.07.2001 DE 101 37 389.9</p> <p>(24) Patent erteilt: 30.11.2006</p> <p>(45) Patentschrift veröffentlicht: 30.11.2006</p>	<p>(73) Inhaber: Giesecke &amp; Devrient GmbH, Prinzregentenstrasse 159 81677 München (DE)</p> <p>(72) Erfinder: Dr. Bernd Wunderer, 80805 München (DE)</p> <p>(74) Vertreter: Patentanwälte Schaad, Balass, Menzl &amp; Partner AG, Dufourstrasse 101 8034 Zürich (CH)</p>
--	---

(54) **Verfahren und Vorrichtung zum Prüfen von dünnem Material.**

(57) Es wird ein Verfahren zum Prüfen von dünnem Material (1) in Form von Papier, Folien oder anderem Blattgut beschrieben, bei welchem das Material (1) zumindest bereichsweise mit Ultraschallwellen (U) beschallt wird und eine Transmission der Ultraschallwellen (U) durch das Material (1) ermittelt und ausgewertet wird. Dabei wird die Transmission von Ultraschallwellen (U) unterschiedlicher Frequenzen ermittelt. Anhand der Unterschiede der Transmission bei den verschiedenen Frequenzen wird dann ein Kriterium zur Bewertung der Qualität, insbesondere der Porosität, des beschallten Materials (1) ermittelt. Ausserdem wird eine entsprechende Prüfeinrichtung (2) beschrieben.



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Prüfen von dünnem Material in Form von Papier, Folien oder anderem Blattgut, bei welchem das Material zumindest bereichsweise mit Ultraschallwellen beschallt wird und eine Transmission der Ultraschallwellen durch das Material ermittelt und ausgewertet wird. Darüber hinaus betrifft die Erfindung eine entsprechende Prüfeinrichtung.

**[0002]** Mit derartigen Verfahren und Prüfeinrichtungen lassen sich anhand der Ultraschalltransmission auf berührungslose Weise das Flächengewicht bzw. die Dicke des Materials bestimmen, wobei die Ultraschalltransmission im Allgemeinen umgekehrt proportional zum lokalen Flächengewicht ist. Ein Beispiel für ein solches Verfahren wird in der DE 3 048 710 C2 beschrieben. Ein typisches Anwendungsgebiet ist dabei die Prüfung von Banknoten in Geldautomaten oder Banknotensortieranlagen. Die Banknoten werden hierzu zwischen Ultraschallsendern und Ultraschallempfängern hindurchgeführt, so dass die Banknote zumindest entlang einer gegebenen Spur geprüft wird.

**[0003]** Neben der Bestimmung der Dicke bzw. des Flächengewichts des Materials können mittels der Ultraschalltransmissionsmessungen auch Risse oder Löcher im Material entdeckt werden. Dies wird beispielsweise in der US 4 519 249 beschrieben, wobei dort mit Hilfe eines Rollensystems die Banknoten während der Beschallung mit Ultraschall so weit gewölbt werden, dass die Risse bzw. Löcher hinreichend frei liegen. Die Ultraschallwellen kommen dann ungehindert durch den Riss oder das Loch hindurch. Bei perfekten Banknoten liegt der Transmissionswert bei nur etwa 1%, an den Löchern oder Rissen in den Banknoten liegt die Transmission dagegen bei 100%. Diese Stellen ergeben daher im Messverlauf eindeutige Peaks.

**[0004]** Im Rahmen von Untersuchungen, welche die Anmelderin im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung gemacht hat, hat es sich als Nachteil bei diesen bekannten Verfahren herausgestellt, dass sie z.B. nicht dazu in der Lage sind, poröse Bereiche im Material, welche aus mit dem blossen Auge nicht mehr sichtbaren Poren bestehen, zu erkennen und dass dadurch auch die Bestimmung des Flächengewichts verfälscht werden kann. Dieses Problem tritt insbesondere bei Prüflingen wie Banknoten auf, die bereits längere Zeit im Verkehr waren. Hier können durch häufiges Knicken des Materials an bestimmten Stellen mit der Zeit poröse Bereiche entstanden sein. Diese porösen Stellen zeigen dann einen erhöhten Transmissionswert im Verhältnis zu dem Transmissionswert des unbeschädigten Materials. Das Problem der Erkennung dieser Stellen bei einer Prüfung besteht nach den Untersuchungen der Anmelderin darin, dass bei einem strukturierten Material wie beispielsweise einer Banknote eine Erhöhung des Transmissionswerts nicht unbedingt auf eine Porosität zurückzuführen ist. So kann eine Banknote z.B. an bestimmten Stellen, beispielsweise im Bereich eines Wasserzeichens oder eines anderen Sicherheitsmerkmals, absichtlich dünnere Stellen oder Stellen mit anderer Dichte aufweisen oder als weiteres Sicherheitsmerkmal Mikroperforationen aufweisen. Eine Erhöhung des Transmissionswerts kann daher auch auf die bei einer perfekten Banknote gewünschten Strukturen bzw. Merkmale zurückzuführen sein. Wird beispielsweise bei einer perfekten Banknote von einem Transmissionswert von etwa 1% ausgegangen, so würde eine poröse Stelle einen Transmissionswert von beispielsweise 3 bis 4% aufweisen. Ebenso könnte aber auch eine perfekte Banknote an einer bestimmten beabsichtigt dünneren Stelle einen Transmissionswert von 3 bis 4% aufweisen, welcher dann nicht von dem Transmissionswert einer porösen Stelle zu unterscheiden ist.

**[0005]** Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Alternative zu schaffen, welche es ermöglicht, bei der Prüfung schadhafte, insbesondere poröse Stellen auf einfache Weise möglichst eindeutig feststellen und beispielsweise von beabsichtigten dünneren Stellen im Material unterscheiden zu können.

**[0006]** Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren und durch eine Prüfeinrichtung gemäss den unabhängigen Patentansprüchen gelöst. Die abhängigen Ansprüche betreffen jeweils besonders vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen des erfindungsgemässen Verfahrens oder der erfindungsgemässen Prüfeinrichtung.

**[0007]** Die erfindungsgemässe Lösung basiert ebenfalls auf der Transmissionsmessung von Ultraschallwellen. Wesentlich ist hierbei, dass die Transmission von Ultraschallwellen mit unterschiedlichen Ultraschallfrequenzen ermittelt wird. Es wird zumindest mit zwei verschiedenen Frequenzen gemessen. Anhand der Unterschiede der Transmission bei den verschiedenen Frequenzen wird dann ein bestimmtes Kriterium, wie beispielsweise die Differenz der Transmissionswerte oder ein Quotient der Transmissionswerte, zur Bewertung der Qualität des zu prüfenden Materials ermittelt.

**[0008]** Diese Idee basiert auf der Erkenntnis, dass für normales, unbeschädigtes Papier die Transmission nicht nur zum Flächengewicht, sondern auch zur Frequenz umgekehrt proportional ist. In einem schadhafte, porösen Bereich ist aufgrund der Frequenzabhängigkeit der Beugung an den Poren die Abweichung von diesem Gesetz um so grösser, je höher die Ultraschallfrequenz ist. Dies führt dazu, dass beispielsweise für kurzwellige Ultraschallwellen die positive Abweichung der gemessenen Transmission im Bereich einer porösen Stelle vom Transmissionswert eines unbeschädigten Materials höher ist als bei langwelligen Ultraschallwellen. Anhand der Unterschiede der in Transmission gemessenen Intensität bei den verschiedenen Frequenzen lassen sich folglich auf einfache Weise Informationen über das Vorhandensein von Stellen erhöhter Porosität gewinnen.

**[0009]** Eine entsprechende Prüfeinrichtung umfasst neben einer Ultraschallsendeeinrichtung, welche das zu prüfende Material zumindest bereichsweise von einer Seite beschallt, und einer Ultraschallempfangeinrichtung, welche auf der anderen Seite des Materials die Intensität der durch das Material transmittierten Ultraschallwellen misst, eine geeignete Auswertungseinrichtung zur Auswertung der ermittelten Transmission der Ultraschallwellen. Hierbei sind die Ultraschall-

sendeeinrichtung und/oder die Ultraschallempfangseinrichtung derart ausgestaltet, dass die Transmission von Ultraschallwellen bei unterschiedlichen Frequenzen ermittelt werden kann. Die Auswertungseinrichtung muss dementsprechend in der Lage sein, anhand der Unterschiede der Transmission bei den verschiedenen Frequenzen ein Kriterium zur Bewertung der Qualität des beschallten Materials zu ermitteln.

**[0010]** Bei einer Ausführungsform wird das Material mit Ultraschallwellen mit genau eingestellten diskreten, d.h. einzelnen, unterschiedlichen Frequenzen, beispielsweise genau zwei verschiedenen Frequenzen, beschallt. Der Begriff «diskrete Frequenzen» ist hierbei so zu verstehen, dass davon schmalbandige Frequenzbereiche um die jeweilige gewünschte Frequenz eingeschlossen sind.

**[0011]** Eine Beschallung mit diskreten unterschiedlichen Frequenzen ist zum Beispiel dadurch zu realisieren, dass die Ultraschallsendeeinrichtung verschiedene Sender umfasst, welche jeweils Ultraschallwellen einer bestimmten Frequenz bzw. eines bestimmten schmalbandigen Frequenzbereichs aussenden. Es kann aber auch eine Ultraschallsendeeinrichtung verwendet werden, die Ultraschallwellen eines genau definierten Spektrums, beispielsweise gleichzeitig auf zwei diskreten unterschiedlichen Frequenzen sendet.

**[0012]** Wenn die Sendeeinrichtung auf genau definierten, diskreten Frequenzen sendet, kann die Ultraschallempfangseinrichtung so aufgebaut sein, dass sie entweder auch nur Frequenzen in diesen Bereichen erfasst, d.h. sie kann beispielsweise ebenfalls aus einzelnen Empfängern bestehen, welche jeweils selektiv nur eine Frequenz messen. Es kann sich aber auch um eine Empfangseinrichtung handeln, welche in einem breiten Band Ultraschallwellen verschiedenster Frequenzen erfasst und somit ein breites Transmissionsspektrum aufzeichnet. In diesem Fall muss jedoch sichergestellt sein, dass die Ultraschallwellen der verschiedenen Frequenzen voneinander separiert werden können. Dies kann bei Aufzeichnung eines Frequenzspektrums durch die Empfangseinrichtung beispielsweise auch softwaremässig geschehen, indem bei der Auswertung nur die Messwerte bei den bestimmten Frequenzen berücksichtigt werden.

**[0013]** Eine weitere Möglichkeit, die Separation der verschiedenen Frequenzen zu gewährleisten, besteht darin, dass nicht gleichzeitig auf den verschiedenen Frequenzen gesendet wird, sondern zeitlich nacheinander, wobei bei der Messung bzw. Auswertung berücksichtigt wird, zu welchem Zeitpunkt auf welcher Frequenz Ultraschall ausgesendet wurde.

**[0014]** Bei einer alternativen Ausführungsform beschallt die Ultraschallsendeeinrichtung das Material mit Ultraschallwellen mit einem kontinuierlichen breiten Frequenzspektrum. Es erfolgt dann beispielsweise eine selektive Messung auf der Empfängerseite, d.h. es werden vom Empfänger entweder nur bestimmte Frequenzen registriert bzw. in einem nachfolgenden Schritt nur die Messwerte bei bestimmten Frequenzen berücksichtigt.

**[0015]** Eine Möglichkeit, Ultraschallwellen mit einem breiten Frequenzspektrum auszusenden, besteht darin, die Ultraschallsendeeinrichtung das Material mit kurzen Ultraschallwellenimpulsen beschallen zu lassen. Bekanntermassen ist das Frequenzspektrum eines Pulses um so breiter, je kürzer ein Puls ist. Vorzugsweise beträgt die Pulslänge weniger als einige Mikrosekunden.

**[0016]** Gemäss der bevorzugten Ausführungsform wird als Kriterium für die Porosität ein Quotient der ermittelten Transmissionsswerte von Ultraschallwellen zweier verschiedener Frequenzen gebildet. Da die Transmission bei einem perfekten Material zur Frequenz und zum Flächengewicht des Materials umgekehrt proportional ist, ist bei einem perfekten Prüfling der Quotient der in Transmission gemessenen Intensitäten der Ultraschallwellen der zwei verschiedenen Frequenzen immer konstant. Lediglich bei porösen Stellen weicht er von diesem konstanten Wert ab, wodurch sich diese Stellen auf einfache Weise entdecken lassen.

**[0017]** In den Fällen, in denen – beispielsweise durch Aussendung von kurzen Ultraschallwellenimpulsen – Ultraschallwellen mit einem breiten Frequenzspektrum verwendet werden und das gesamte Transmissionsspektrum gemessen und aufgezeichnet wird, ist es zum Erhalt eines Kriteriums zur Qualitätsbewertung auch möglich, eine Veränderung des Transmissionsspektrums in Abhängigkeit vom beschallten Ort zu registrieren. Eine Möglichkeit, dies zu realisieren, besteht darin, permanent das gemessene Transmissionsspektrum der Ultraschallwellen aufzuzeichnen und mit vorherigen Messungen zu vergleichen.

**[0018]** Da weiterhin die Pulsform ebenfalls durch das Spektrum der in dem Puls enthaltenen Frequenzanteile bestimmt wird, ist es bevorzugt auch möglich, die porösen Stellen direkt durch deren Analyse zu finden.

**[0019]** Bei einer erfindungsgemässen Prüfung kann beispielsweise die Anzahl der porösen Stellen bei einem bestimmten Materialstück (Prüfling) ermittelt werden. Ebenso kann auch eine Ausdehnung der porösen Stellen innerhalb eines Prüflings detektiert werden.

**[0020]** Bei einem besonders bevorzugten Ausführungsbeispiel wird ein Grenzkriterium festgelegt, beispielsweise eine maximale Anzahl von porösen Stellen und/oder eine maximale Ausdehnung der porösen Stellen. Wird bei einem Prüfling dieses Grenzkriterium überschritten, so wird der Prüfling als schadhaft aussortiert, beispielsweise wird im Falle von Banknoten die betreffende Banknote geschreddert.

**[0021]** Die verwendeten Ultraschallwellen liegen vorzugsweise in einem Frequenzbereich von 50 bis 400 kHz. Um einen deutlichen Effekt bei der Prüfung zu erzielen und poröse Stellen ausreichend deutlich erkennen zu können, sollten die betrachteten Frequenzen bzw. Frequenzbereiche ausreichend weit auseinanderliegen. Vorzugsweise beträgt bei der Ver-

wendung von Ultraschallwellen zweier verschiedener Frequenzen die grössere der beiden Frequenzen das 1,5- bis 3fache der kleineren Frequenz.

**[0022]** Die Erfindung wird im Folgenden unter Hinweis auf die beigefügten Figuren anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert. Es stellen dar:

- Fig. 1 ein schematisches Blockschaltbild einer erfindungsgemässen Prüfeinrichtung,
- Fig. 2 eine schematische Seitenansicht einer Anordnung von Ultraschallsendern und Ultraschallempfängern in Durchzugsrichtung eines Prüflings betrachtet,
- Fig. 3 eine schematische Darstellung der räumlichen Anordnung der Sender gemäss Fig. 2 in Draufsicht,
- Fig. 4 ein Diagramm der Intensität für zwei verschiedene Frequenzen sowie die Funktion des Quotienten aus den beiden Intensitätsmessungen über dem Messort.

**[0023]** Fig. 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel für eine erfindungsgemässe Prüfeinrichtung 2, um Banknoten 1 zu prüfen. Eine solche Prüfeinrichtung 2 befindet sich beispielsweise innerhalb einer Banknotensortieranlage (nicht dargestellt).

**[0024]** Diese Prüfeinrichtung 2 weist zum einen eine Ultraschallsendeeinrichtung 3 und zum anderen eine Ultraschallempfangseinrichtung 6 auf. Die Ultraschallsendeeinrichtung 3 besteht hier aus mehreren Sendern 4 und einer Sendeansteuerung 5, die die einzelnen Sender 4 ansteuert. Ebenso besteht die Ultraschallempfangseinrichtung 6 aus einem oder mehreren Empfängern 7, welche jeweils mit einer Empfängersteuerung 8, welche die an den Empfängern 7 anliegenden Messwerte ausliest, verbunden sind.

**[0025]** Die Sendeansteuerung 5 wird von einer Steuerung 9 der Prüfeinrichtung 2 gesteuert. Teil dieser Steuerung 9 ist eine Auswertungs-einrichtung 10, welche die Daten von der Empfängersteuerung 8 übernimmt und auswertet. Bei der Steuerung 9 kann es sich beispielsweise um einen Computer oder einen Mikrocontroller handeln, wobei die Auswertungs-einrichtung 10 in Form von geeigneter Software realisiert ist. Ebenso können, anders als in dem dargestellten Ausführungsbeispiel, auch die Sendeansteuerung 5 und die Empfängersteuerung 8 in diese Steuereinheit 9 – auch software-mässig – integriert sein.

**[0026]** Weiterhin ist an die Steuerung 9 eine Ausgabeeinrichtung 11, beispielsweise eine Anzeige, angeschlossen, welche beispielsweise einen Bediener der Prüfeinrichtung 2 darüber informiert, wenn eine schadhafte Banknote 1 durch die Prüfeinrichtung 2 läuft. Bei dieser Ausgabeeinrichtung 11 kann es sich auch um ein Interface handeln, welches die erfindungsgemässe Prüfeinrichtung 2 mit einer übergeordneten Steuerung der Banknotensortieranlage verbindet und damit z.B. automatisch eine Aussortierung einer schadhafte Banknote 1 veranlasst.

**[0027]** Die Sender 4 der Sendeeinrichtung 3 und die Empfänger 7 der Ultraschallempfangseinrichtung 6 sind entsprechend gegenüberliegend zueinander angeordnet. Die zu prüfenden Banknoten 1 werden in einer Durchzugsrichtung R zwischen den Sendern 4 und den Empfängern 7 hindurchgezogen und dabei von den Sendern 4 auf einer Seite mit Ultraschallwellen U beschallt. Die Empfänger 7 messen dann auf der anderen Seite die Intensität des transmittierten Anteils der Ultraschallwellen U.

**[0028]** Die Fig. 2 und 3 zeigen die genaue Anordnung der einzelnen Sender 4 und der entsprechend auf der anderen Seite der zu prüfenden Banknote 1 angeordneten Empfänger 7. Wie aus diesen Figuren zu ersehen ist, sind mehrere Sender 4 in einer ersten Reihe quer zur Durchzugsrichtung R über die gesamte Breite der Banknote 1 verteilt angeordnet. Jeder dieser Sender 4 beschallt eine genau definierte Spur entlang der Durchzugsrichtung R auf einer durchlaufenden Banknote 1. Parallel versetzt befinden sich vor oder hinter dieser ersten Reihe von Sendern 4 weitere Sender 4, welche genau die Lücken zwischen den Sendern 4 der ersten Reihe abdecken. Auf diese Weise ist gewährleistet, dass die Banknote 1 auf ihrer gesamten Fläche geprüft wird.

**[0029]** Wie aus Fig. 2 ersichtlich ist, sind die Empfänger 7 in genau gleicher Weise den Sendern 4 jeweils gegenüberliegend angeordnet.

**[0030]** Im vorliegenden Ausführungsbeispiel senden die Sender jeweils auf genau zwei definierten Frequenzen  $f_1$  und  $f_2$ , wobei die höhere Frequenz  $f_1$  etwa den 1,5- bis 3fachen Wert der niedrigeren Frequenz  $f_2$  aufweist. Die Empfangseinrichtung 6 ist in der Lage, für diese beiden Frequenzen  $f_1$  und  $f_2$  bzw. in den jeweiligen Frequenzbereichen die Ultraschallwellen getrennt zu messen.

**[0031]** Eine typische Messkurve ist in Fig. 4 dargestellt. In diesem Diagramm ist jeweils der auf die Frequenz  $f_1$  normierte Transmissionswert  $T(f_1)$ ,  $T(f_2) \times f_2/f_1$  d.h. die in Transmission gemessene Intensität bezogen auf die ausgesendete Gesamtintensität, jeweils für die gewünschten Frequenzen  $f_1$  und  $f_2$  über dem beschallten Ort x, d.h. entlang einer Spur auf der Banknote 1 aufgezeichnet. Die dritte, gepunktete Kurve zeigt den Quotienten aus diesen beiden Messkurven  $T(f_1) \times f_1$  und  $T(f_2) \times f_2$ . Die normierten Transmissionswerte  $T(f_1)$ ,  $T(f_2) \times f_2/f_1$  sind bei diesem Ausführungsbeispiel über eine ganze Strecke konstant (er liegt beispielsweise bei 1%), steigt dann plötzlich an einer bestimmten Stelle  $x_p$  an und sackt wieder auf den Normalwert ab. Bei dieser Stelle  $x_p$  handelt es sich um eine Stelle erhöhter Transmission.

**[0032]** Würde es sich dabei einfach um eine Stelle mit geringerem Flächengewicht, beispielsweise um eine dünnere Stelle der Banknote 1 handeln, wäre diese Reaktion frequenzunabhängig und die relative Erhöhung der Transmissionswerte  $T(f_1)$ ,  $T(f_2) \times f_2/f_1$  wäre bei beiden Frequenzen  $f_1$ ,  $f_2$  gleich. Die aus dem Quotienten der Transmissionswerte erzeugte, gepunktete Kurve würde dann konstant bleiben, wobei die einzelnen Messkurven jeweils einen Peak gleicher Höhe zeigen.

**[0033]** Im dargestellten Beispiel handelt es sich jedoch um eine poröse, d. h. schadhafte Stelle der Banknote 1. An dieser Stelle  $x_p$  ist aufgrund der Frequenzabhängigkeit der Beugung an den Poren der gemessene Transmissionswert  $T(f_1)$  für die grössere Frequenz  $f_1$  im Maximum relativ höher als für die Ultraschallwellen der geringeren Frequenz  $f_2$ . Im dargestellten Ausführungsbeispiel erhöht sich an der porösen Stelle  $x_p$  der gemessene Transmissionswert  $T(f_1)$  für die grössere Frequenz  $f_1$  um den Faktor 3 und für die Ultraschallwellen der kleineren Frequenz  $f_2$  nur um den Faktor 2. Folglich weist auch die aus dem Quotienten der Transmissionswerte  $T(f_1)$ ,  $T(f_2) \times f_2/f_1$  gebildete Kurve einen eindeutigen Peak an dieser Stelle  $x_p$  auf. Damit lässt sich die poröse Stelle auf einfache Weise eindeutig identifizieren. Die unterschiedliche Breite der Peaks ist im Übrigen ebenfalls auf die Frequenzabhängigkeit der Beugung zurückzuführen.

**[0034]** Wäre an der Stelle  $x_p$  keine poröse Stelle, sondern eine intakte Stelle mit halbem Flächengewicht in Bezug auf den umgebenden Bereich vorhanden, so würden die Transmissionskurven in der Fig. 4 für die beiden Frequenzen  $f_1$  und  $f_2$  zwar ebenfalls ein Maximum aufweisen. Allerdings würde die zugehörige Quotientenkurve in diesem Fall weitgehend einen geraden Verlauf zeigen, d.h. auch an der Stelle  $x_p$  einen Wert haben, der im wesentlichen dem Quotientwert an den benachbarten Stellen mit höherem Flächengewicht entspricht.

**[0035]** In dem vorgenannten Ausführungsbeispiel wurde das erfindungsgemässe Verfahren im Zusammenhang mit der Prüfung von Banknoten 1 als Beispiel eines Wertdokuments beschrieben, da die durch die Erfindung gelösten Probleme der bekannten Verfahren sich insbesondere bei solchen meist nicht vollkommen homogen geformten Materialien ergeben. Die Erfindung kann jedoch mit gleichem Erfolg auch bei anderen Prüfobjekten, beispielsweise Papier- oder Folienbahnen oder ähnlich dünnem Material, eingesetzt werden.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Prüfen von dünnem Material (1) in Form von Papier, Folien oder anderem Blattgut, bei welchem das Material (1) zumindest bereichsweise mit Ultraschallwellen (U) beschallt wird und eine Transmission der Ultraschallwellen (U) durch das Material (1) ermittelt und ausgewertet wird, dadurch gekennzeichnet, dass die Transmission von Ultraschallwellen (U) unterschiedlicher Frequenzen ( $f_1$ ,  $f_2$ ) ermittelt wird und anhand der Unterschiede der Transmission bei den verschiedenen Frequenzen ( $f_1$ ,  $f_2$ ) ein Kriterium zur Bewertung der Qualität des beschallten Materials (1) ermittelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein Kriterium zur Bewertung der Porosität des Materials (1) ermittelt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass eine Anzahl von porösen Stellen und/oder eine Ausdehnung von porösen Stellen eines zu prüfenden Materialstücks ermittelt wird und oberhalb einer als Grenzkriterium festgelegten maximalen Anzahl und/oder maximalen Ausdehnung der porösen Stellen das Materialstück als schadhaft aussortiert wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Material (1) mit Ultraschallwellen (U) mit diskreten unterschiedlichen Frequenzen ( $f_1$ ,  $f_2$ ) beschallt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Material von verschiedenen Sendern, welche jeweils Ultraschallwellen einer bestimmten Frequenz aussenden, beschallt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Material mit Ultraschallwellen mit einem breiten Frequenzspektrum beschallt wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Transmission der Ultraschallwellen mit einem breiten Frequenzspektrum für mehrere diskrete Frequenzen ermittelt und zur Auswertung herangezogen wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass zum Erhalt eines Kriteriums zur Qualitätsbewertung eine Veränderung des Transmissionsspektrums in Abhängigkeit vom beschallten Ort registriert wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Material mit kurzen Ultraschallwellenimpulsen beschallt wird.
10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Kriterium zur Qualitätsbewertung aus einem Vergleich der Pulsform der Ultraschallwellenimpulse vor und nach Transmission durch das Material (1) ermittelt wird.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass als Kriterium zur Qualitätsbewertung ein Quotient von ermittelten Transmissionswerten ( $T(f_1)$ ,  $T(f_2) \times f_2/f_1$ ) von Ultraschallwellen (U) zweier verschiedener Frequenzen ( $f_1$ ,  $f_2$ ) gebildet wird.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass eine der Frequenzen ( $f_1$ ) das 1,5- bis 3-fache der anderen Frequenz ( $f_2$ ) beträgt.

13. Prüfeinrichtung (2) zum Prüfen von dünnem Material (1) in Form von Papier, Folien oder anderem Blattgut, mit einer Ultraschallsendeeinrichtung (3), welche ein zu prüfendes Material (1) zumindest bereichsweise von einer Seite mit Ultraschallwellen (U) beschallt, mit einer Ultraschallempfangseinrichtung (6), welche auf der anderen Seite des Materials (1) die Intensität der durch das Material (1) transmittierten Ultraschallwellen (U) misst, und mit einer Auswertungseinrichtung (10) zur Auswertung der ermittelten Transmission der Ultraschallwellen (U), dadurch gekennzeichnet, dass die Ultraschallsendeeinrichtung (3) und/oder die Ultraschallempfangseinrichtung (6) bei der Prüfung des Materials (1) die Transmission von Ultraschallwellen (U) bei unterschiedlichen Frequenzen ( $f_1$ ,  $f_2$ ) ermittelt, und die Auswertungseinrichtung (10) anhand der Unterschiede der Transmission bei den verschiedenen Frequenzen ( $f_1$ ,  $f_2$ ) ein Kriterium zur Bewertung der Qualität des beschallten Materials (1) ermittelt.
14. Prüfeinrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Ultraschallsendeeinrichtung (3) das Material (1) mit Ultraschallwellen (U) mit diskreten unterschiedlichen Frequenzen ( $f_1$ ,  $f_2$ ) beschallt.
15. Prüfeinrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Ultraschallsendeeinrichtung verschiedene Ultraschallsender umfasst, welche jeweils Ultraschallwellen einer bestimmten Frequenz aussenden.
16. Prüfeinrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Ultraschallsendeeinrichtung das Material zur Prüfung mit Ultraschallwellen mit einem breiten Frequenzspektrum beschallt.
17. Prüfeinrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Ultraschallempfangseinrichtung derart aufgebaut ist, dass die Transmission der Ultraschallwellen mit einem breiten Frequenzspektrum für mehrere unterschiedliche diskrete Frequenzen ermittelbar ist.
18. Prüfeinrichtung nach einem der Ansprüche 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswertungseinrichtung die Werte eines gemessenen Transmissionsspektrums der Ultraschallwellen mit einem breiten Frequenzspektrum bei mehreren diskreten Frequenzen zur Auswertung heranzieht.
19. Prüfeinrichtung nach einem der Ansprüche 16 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswertungseinrichtung Mittel zur Ermittlung einer Veränderung des Transmissionsspektrums der Ultraschallwellen mit einem breiten Frequenzspektrum umfasst.
20. Prüfeinrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Ultraschallsendeeinrichtung das Material zur Prüfung mit kurzen Ultraschallwellenimpulsen beschallt.
21. Prüfeinrichtung nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswertungseinrichtung Mittel zur Ermittlung einer Veränderung der Pulsform der Ultraschallwellenimpulse vor und nach Transmission durch das Material (1) umfasst.
22. Prüfeinrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Ultraschallempfangseinrichtung verschiedene Ultraschallempfänger umfasst, welche jeweils Ultraschallwellen einer bestimmten Frequenz empfangen.
23. Prüfeinrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswertungseinrichtung (10) Mittel zur Bildung eines Quotienten von ermittelten Transmissionswerten ( $T(f_1)$ ,  $T(f_2)$ ) von Ultraschallwellen (U) zweier verschiedener Frequenzen ( $f_1$ ,  $f_2$ ) umfasst.

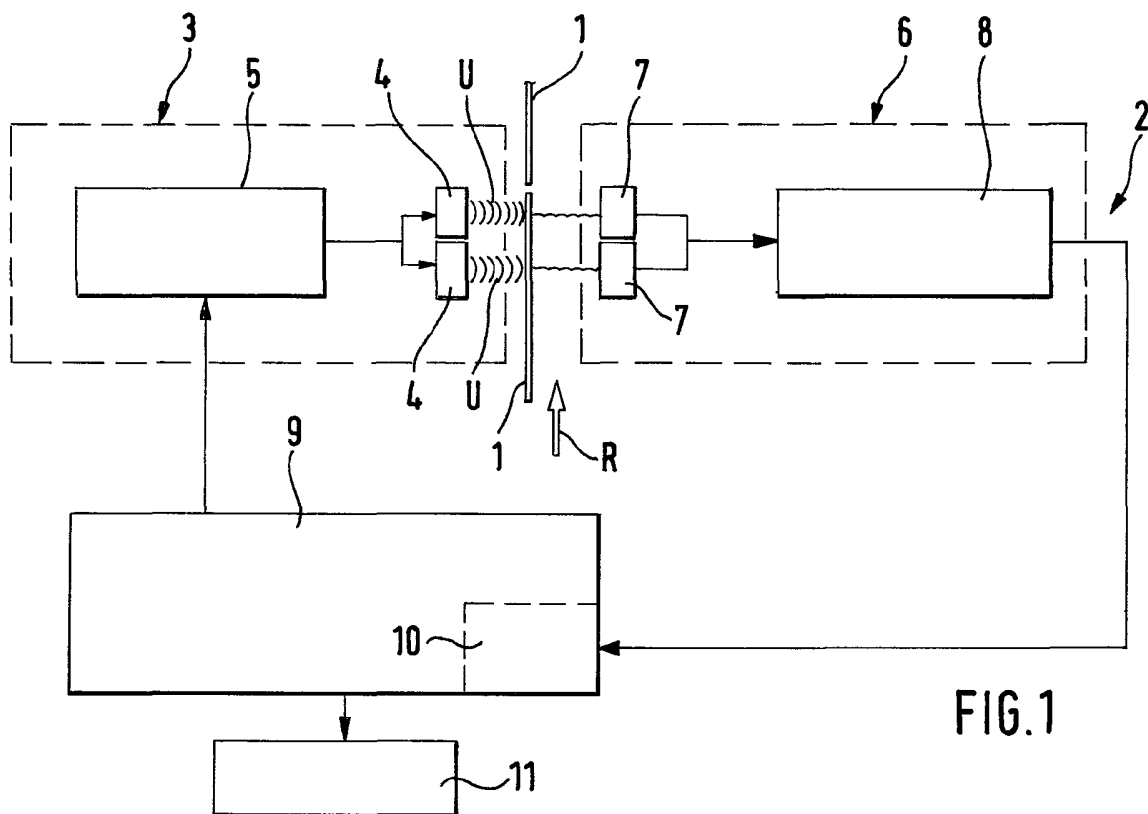


FIG. 1

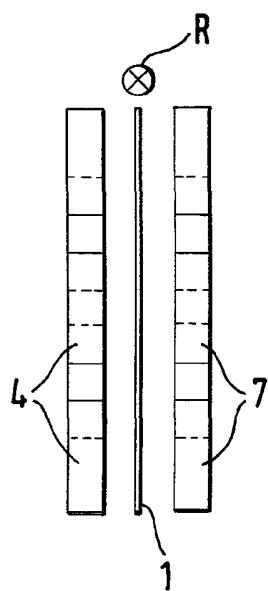


FIG. 2

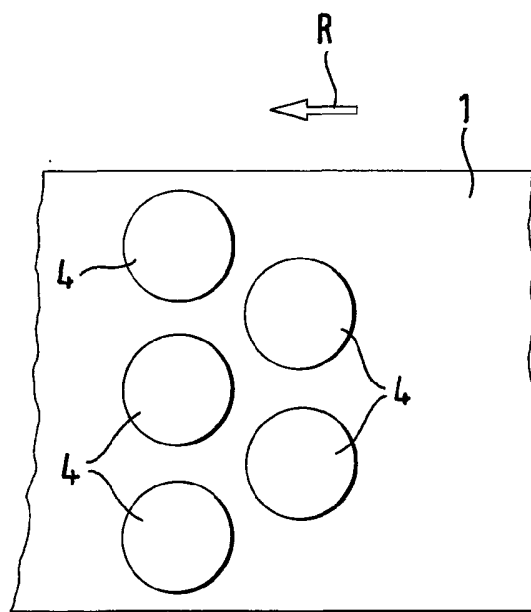


FIG. 3

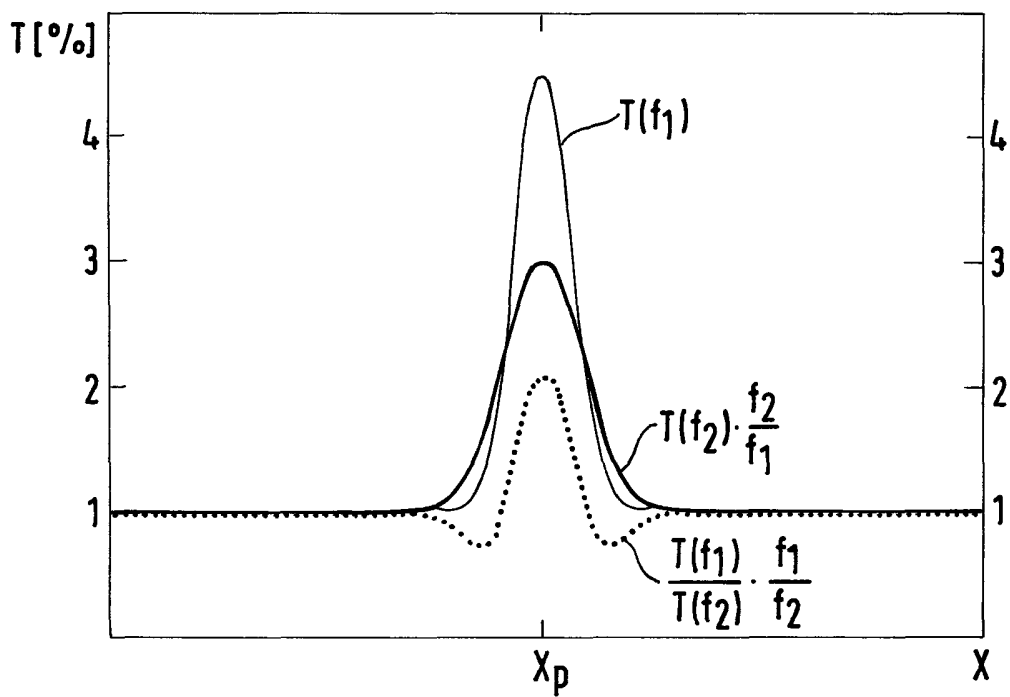


FIG.4