

(19)



REPUBLIK  
ÖSTERREICH  
Patentamt

(10) Nummer: **AT 407 579 B**

(12)

# PATENTCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 1525/99  
(22) Anmeldetag: 06.09.1999  
(42) Beginn der Patentdauer: 15.08.2000  
(45) Ausgabetag: 25.04.2001

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>: **G01N 29/08**

(73) Patentinhaber:  
COMPACT ELECTRIC ELEKTROTECHN. GERÄTE  
HANDELSGESELLSCHAFT M.B.H.  
A-1120 WIEN (AT).

## (54) VERFAHREN ZUR UNTERSUCHUNG EINES BAUMSTAMMES AUF INNERE SCHADSTELLEN

AT 407 579 B

(57) Ein Verfahren zur Untersuchung eines Baumstammes auf innere Schadstellen, bei welchem an einer Sendestelle mit Hilfe eines Schallgebers (SGE) im Oberflächenbereich Schallwellen in den Stamm (BAM) eingeleitet werden, an einer Empfangsstelle mit Hilfe eines Sensors (SEN) Schallwellen aufgefangen, die Ausgangssignale des Sensors einer Fouriertransformation unterworfen werden und durch Auswertung des Spektrums Rückschlüsse auf Schadstellen gezogen werden. Dabei werden zumindest zwei mittlere Amplituden ( $A_1$ ,  $A_2$ ) über je ein Frequenzband ( $b_1$ ,  $b_2$ ) ermittelt und es wird eine Entscheidung bezüglich des Vorliegens von Schadstellen unter Verwendung eines Entscheidungsbaumes getroffen, in welchem die Amplituden mit empirisch ermittelten Vergleichswerten ( $A_{10}$ ,  $A_{20}$ ) verglichen werden. Bei einer zugehörigen Vorrichtung ist der Ausgang des Sensors (SEN) über einen Bandpass (BPA) einem Analog/Digital-Wandler (ADW) zugeführt, dem ein Datenspeicher (DAS) nachgeordnet ist. Der Ausgang dieses Datenspeichers ist einer Datenverarbeitungseinheit (DVE) zugeführt und dieser ist eine Ausgabeinheit (AGE) nachgeordnet, wobei die Datenverarbeitungseinheit eine

FFT-Einheit (FFT), eine Fensterungseinheit (FEN) zur Bildung der Frequenzbänder, eine Bewertungseinheit (BEW) für die Frequenzbänder sowie eine Verarbeitungseinheit (VAE) mit Entscheidungsbaumstruktur enthält.

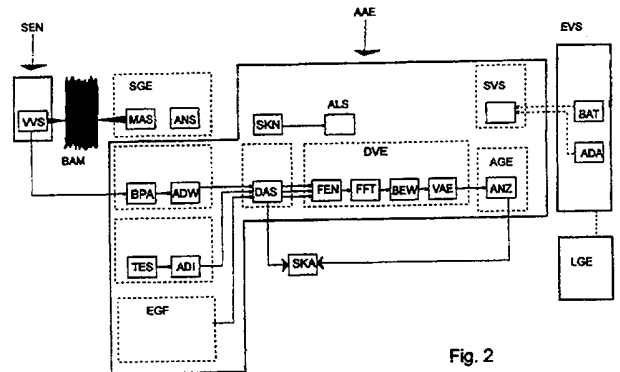


Fig. 2

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Untersuchung eines Baumstammes auf innere Schadstellen, bei welchem an einer Sendestelle mit Hilfe eines Schallgebers im Oberflächenbereich Schallwellen in den Stamm eingeleitet werden, an einer im wesentlichen diametral gegenüberliegenden Empfangsstelle mit Hilfe eines Sensors Schallwellen aufgefangen, die Ausgangssignale des Sensors einer Fouriertransformation unterworfen werden und durch Auswertung des Spektrums Rückschlüsse auf Schadstellen gezogen werden.

Zur Untersuchung von Baumstämmen auf innere Schadstellen, insbesondere auf Fäulen wurden eine Reihe von Untersuchungsmethoden und Geräte entwickelt, wobei im folgenden der Begriff „Baumstamm“ stellvertretend für in der Natur stehende Bäume, gefällte Bäume mit oder ohne Rinde und verbautes Holz, z. B. Strom- oder Telefonmasten und auch vergleichbare, meist zylindrische, doch auch prismatische Holzstücke steht.

Von den zerstörungsarmen Methoden sei unter anderem die Bohrspanmethode erwähnt, bei welcher durch Anbohren eine Probe aus dem Stamm entnommen wird. Eine andere Methode verwendet ein Einstichgerät, bei welchem 7 bis 15 cm lange Stahlnadeln in das Holz gedrückt werden und der sich ergebende Widerstand gemessen wird. Ein Zusammenbrechen des mechanischen Widerstandes zeigt eine Fäule an. Bekannt ist auch eine computerunterstützte Registrierung des Bohrwiderstandes, die jedoch relativ aufwendig ist. Bei einem weiteren Verfahren wird der elektrische Widerstand einer Sonde in einem Bohrloch gemessen, wobei das Verfahren auf chemischen Holzveränderungen bei Auftreten von Fäulen beruht. Nachteilig ist dabei die Anbringung des Bohrloches mit einem Durchmesser von ca. 2,5 bis 3,5 mm und die Tatsache, daß manche Geräte, die auf dem Prinzip der Widerstandsmessung beruhen, nicht selbstjustierend sind. Ein weiteres Gerät arbeitet mit Stromimpulsen und die Messung wird computerunterstützt ausgewertet. Dieses bekannte Gerät ist allerdings sehr aufwendig und entsprechend teuer.

Bei zerstörungsfreien Methoden werden in der Holzindustrie zur Erkennung von Holzfehlern beispielsweise Mikrowellen verwendet, doch sind die entsprechenden Geräte nicht im Forst anwendbar. Eine Anzahl von bekannten Verfahren verwendet zur Untersuchung Korpuskularstrahlung, z.B. wie in der US 4,283,629 A beschrieben. Dabei können entweder Röntgenstrahlen, Gammastrahlen oder auch Neutronen verwendet werden. Es liegt auf der Hand, daß die benötigten Geräte einerseits verhältnismäßig aufwendig sind und daß andererseits der Einsatz von radioaktiver oder Röntgenstrahlung im Hinblick auf die damit verbundenen Gefahren und Sicherheitsvorschriften nicht wünschenswert erscheint. Es ist auch bekannt, eine Gammastrahlenquelle und einen entsprechenden Sensor längs eines Baumstammes zu bewegen und so den Baumstamm seiner Länge nach abzutasten, wie z. B. in der US 5,105,453 A beschrieben.

Von eher theoretischer Bedeutung sind die aus der Humanmedizin stammenden Verfahren der Computertomographie und der Kernspintomographie. Mit derartigen Verfahren können zwar theoretisch hervorragende Ergebnisse geliefert werden, doch sind die entsprechenden Geräte nicht nur so groß, daß sie im Forst nicht einsetzbar sind, sondern auch so teuer und die Verfahren so langwierig, daß sie vernünftigerweise nicht zum Einsatz kommen können.

Aus der seit langer Zeit bekannten Klopfprobe, bei welcher ein geschultes Ohr bei Klopfen an einen Baum eine Fäule erkennen kann, wurden Verfahren zur Untersuchung von Baumstämmen mit Hilfe von Schallwellen entwickelt, wobei bekannte Geräte mit Ultraschall arbeiten. Ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Untersuchung von Baumstämmen mit Hilfe von Ultraschall sind beispielsweise in den US 5,760,308 A und 5,804,728 A beschrieben. In diesen Patenten wird bevorzugt in einem Bereich von 30 bis 150 kHz gemessen, wobei zur Einleitung des Ultraschalls in dem Baumstamm eine Oberflächenbehandlung ebenso erforderlich ist, wie eine verhältnismäßig komplizierte Einrichtung zur Ankoppelung von Signalgebern und Sensoren. Ausgehend von in den Baumstamm eingeleiteten Ultraschallimpulsen werden die empfangenen Signale gespeichert und sodann verarbeitet, wobei ultraschallakustische Parameter im Zeit- und Frequenzbereich sowie die Schalllaufzeit bestimmt und sodann verarbeitet und analysiert werden, um Rückschlüsse auf Schadstellen im Baumstamm ziehen zu können. Das hieraus bekannt gewordene Verfahren ist sehr aufwendig, was auch für die Vorrichtung gilt, mit deren Hilfe Schallgeber und Schallsensoren mit dem Baumstamm in Berührung gebracht werden.

Es ist eine Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren anzugeben, daß einfach und mit geringem Aufwand durchführbar ist und dennoch verlässliche Ergebnisse liefert. Dabei liegt es auf der Hand, daß Fehlentscheidungen aufgrund unrichtig interpretierter Meßergebnisse entweder zum Fällen

gesunder Bäume führen oder dazu, daß kranke Bäume in einem Wald belassen werden, obwohl sie eine Gefahr für den Forstbestand darstellen können.

Die gestellte Aufgabe wird mit einem Verfahren der eingangs genannten Art gelöst, bei welchem erfindungsgemäß zumindest zwei mittlere Amplituden über je ein Frequenzband ermittelt werden, und eine Entscheidung bezüglich des Vorliegens von Schadstellen unter Verwendung eines Entscheidungsbaumes getroffen wird, in welchem die zumindest zwei mittleren Amplituden mit empirisch ermittelten Vergleichswerten verglichen werden.

Das Verfahren nach der Erfindung hat sich als sehr praxisbewährt erwiesen, da es leicht anzuwenden ist und Ergebnisse mit hoher Genauigkeit liefert. Da das Verfahren im Bereich hörbarer Schallwellen durchgeführt wird, ergeben sich keine besonderen Probleme bei der Einbringung bzw. Abtastung von Schallwellen mit Hilfe der Schallgeber bzw. Schallsensoren.

Eine deutlich verbesserte Aussagegenauigkeit wird geliefert, falls eine erste mittlere Amplitude über ein Frequenzband um eine erste Frequenz, zumindest eine weitere, zweite mittlere Amplitude über ein Frequenzband um eine zweite Frequenz, die höher ist als die erste Frequenz, und eine dritte mittlere Amplitude über den gesamten betrachteten im Bereich hörbaren Schalls liegenden Frequenzbereich zwischen einer unteren und einer oberen Grenzfrequenz ermittelt und in dem Entscheidungsbaum mit den Vergleichswerten verglichen werden.

Die Abhängigkeit des Verfahrens bzw. seiner Ergebnisse von dem Stammdurchmesser kann deutlich verringert werden, falls es über einem normierten, auf den Stammdurchmesser bezogenen Frequenzmaßstab angewendet wird.

Es hat sich als zweckmäßig erwiesen, wenn mittels des Schallgebers einzelne Schallimpulse erzeugt werden, die vorzugsweise im wesentlichen Nadelimpulse sein können.

Zur Verringerung der Abhängigkeit der Meßergebnisse von der jeweiligen Amplitude des Gebers kann es empfehlenswert sein, wenn die Amplitude der Schallwellen im Geberbereich gemessen und die Amplituden der von dem Sensor aufgefangenen Schallwellen auf die im Geberbereich gemessene Amplitude normiert werden.

Eine im Hinblick auf seine Einfachheit sehr empfehlenswerte Fortbildung des Verfahrens besteht darin, daß die Schallimpulse durch Schläge eines Geberhammers auf ein mit dem Baum in Berührung stehendes Amboßstück erzeugt werden.

Versuche haben gezeigt, daß sehr aussagekräftige Ergebnisse erhalten werden können, falls die erste Frequenz zwischen 100 und 400 Hz, die zweite Frequenz zwischen 2000 und 3500 Hz die untere Grenzfrequenz über 100 Hz und die obere Grenzfrequenz unter 7500 Hz liegt.

Eine weitere Steigerung der Genauigkeit läßt sich erreichen, wenn die Vergleiche im Entscheidungsbaum unter Einbeziehung der Fuzzy-Logik durchgeführt werden, wobei den empirisch ermittelten Vergleichswerten obere und untere Fuzzy-Grenzen zugeordnet werden.

Zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens eignet sich besonders eine Vorrichtung mit einem Schallgeber zur Einleitung von Schallwellen in den Baumstamm, einem im wesentlichen dem Schallgeber diametral am Baumstamm gegenüberliegend anordenbaren Sensor zum Auffangen von den Baumstamm durchsetzenden Schallwellen und einer Auswerte- und Anzeigeelektronik, welcher die Ausgangssignale des Sensors zugeführt sind, bei welcher der Ausgang des Sensors über einen Bandpass einem Analog/Digital-Wandler zugeführt ist, dem ein Datenspeicher nachgeordnet ist, der Ausgang dieses Datenspeichers einer Datenverarbeitungseinheit zugeführt und dieser eine Ausgabereinheit nachgeordnet ist, wobei die Datenverarbeitungseinheit, eine FFT-Einheit, eine Fensterungseinheit zur Bildung der Frequenzbänder, eine Bewertungseinheit für die Frequenzbänder sowie eine Verarbeitungseinheit mit Entscheidungsbaumstruktur enthält.

Dabei kann eine Eingabereinheit vorgesehen sein, über welche der aktuelle Stammdurchmesser an den Datenspeicher eingebbar ist.

Weiters ist es vorteilhaft, falls die Verarbeitungseinheit für Vergleiche im Entscheidungsbaum unter Einbeziehung der Fuzzy-Logik eingerichtet ist, wobei den Vergleichswerten obere und untere Fuzzy-Grenzen zugeordnet sind.

Bei einer praxisbewährten Ausführung ist vorgesehen, dass der Schallgeber einen Steckspieß aufweist, dessen Spießende in den Baumstamm einführbar ist und dessen anderes Ende als Amboss für einen Hammer dient. Hierdurch lassen sich auf sehr einfache Weise Schallsignale erzeugen. Diese sind besonders gut reproduzierbar, falls der Hammer als einer Magnetspule zugeordneter Anker ausgebildet ist, der bei Erregung der Spule gegen die Kraft einer Rückzugfeder

gegen den Amboss des Steckspießes ziehbar ist.

Um Fehlmessungen zu vermeiden ist es zweckmäßig, zur Lageerfassung des Hammers einen Positionsmelder vorzusehen. Dabei kann der Positionsmelder als Lichtschranke ausgebildet sein.

5 Fehlmessungen, insbesondere wegen gefrorener Baumstämme, können ausgeschlossen werden, wenn ein Temperatursensor für die Umgebungs/Baumstammtemperatur vorgesehen ist, welcher mit der Auswerte- und Anzeigeelektronik verbunden ist, wobei eine Fehlermeldung bei Unterschreiten einer vorgebbaren Mindesttemperatur vorgesehen ist.

Die Erfindung samt weiterer Vorteile ist im folgenden anhand beispielsweise Ausführungsformen näher erläutert, die in der Zeichnung veranschaulicht sind. In dieser zeigen

- 10
- Fig. 1 schematisch einen Baumstamm. Der mit Hilfe einer Vorrichtung nach der Erfindung untersucht wird,
  - Fig. 2 ein Blockschaltbild einer Vorrichtung nach der Erfindung,
  - Fig. 3 anhand eines beispielhaften Spektrums eine mögliche Auswahl von Frequenzbändern und mittleren Amplituden, und
  - 15
  - Fig. 4 einen möglichen Entscheidungsbaum, der bei Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens anwendbar ist.

Aus Fig. 1 ist ein zu untersuchender Baumstamm BAM ersichtlich, in den an einer Seite ein an einem Handgerät HAG angeordneter Steckspieß SSP angesetzt bzw. eingeführt wurde. Das von dem Baumstamm abgewandte Ende des Steckspießes SSP dient als Amboss AMB für einen Hammer HAM, der als Anker einer Magnetspule MAS ausgebildet ist und gegen die Kraft einer Rückzugfeder RZF bei Erregung der Magnetspule MAS schlagartig in diese gezogen wird, sodaß sie an den Amboss AMB des Steckspießes SSP schlägt und dadurch ein Schallsignal in den Baumstamm BAM einleitet. Die gesamte zur Schallerzeugung dienende Anordnung wird im folgenden oft kurz Schallgeber SGE genannt. Der Steckspieß SSP ist in einer geeigneten Lagerung LAG, z.B. einem Elastomerblock in dem Handgerät HAG gelagert. Das Schallsignal kann im wesentlichen als Nadelimpuls aufgefasst werden und ist durchaus mit jenem zu vergleichen, das ein Specht erzeugt, wenn er einen Baum abklopft. Zur Kontrolle der Bewegung des Hammers HAM ist ein Positionsmelder POM vorgesehen, z.B. eine Lichtschranke, welche mit einer an dem Hammer befestigten Stange STA zusammenwirkt. Das Ausgangssignal des Positionsmelders POM kann einer weiter unten näher beschriebenen Auswerte- und Anzeigeelektronik AAE zugeführt werden, welche auch die Erregung der Magnetspule MAS veranlasst. Zur Stromversorgung dient ein aufladbarer Batteriesatz BAT.

Ein Schallsensor SEN, d.h. ein entsprechend gewähltes Mikrofon, ist über ein Kabel KAB mit dem Handgerät HAG und der Elektronik AAE verbunden. Dieser Schallsensor SEN sitzt schallleitend an einem Sensorspieß SPI, der etwa diametral gegenüberliegend zu dem Steckspieß SSP in den Baumstamm BAM gesteckt wird. Zur Erleichterung der Handhabung dient ein Handgriff HGR mit einem Aufnahmefutter AFU für das von dem Baumstamm abgewandte Ende des Sensorspießes SPI.

In Fig. 2 ist ein Blockschaltbild einer von vielen möglichen Ausführungsformen einer Vorrichtung 40 gezeigt, die zur Durchführung des noch zu beschreibenden erfindungsgemäßen Verfahrens geeignet ist. Prinzipiell besteht die gesamte Vorrichtung aus der Auswerte- und Anzeigeelektronik AAE, dem Schallgeber SGE mit einer ihm zugeordneten Ansteuerung ANS, dem Sensor SEN, dem unmittelbar ein Vorverstärker VVS zugeordnet sein kann, eine Energieversorgungseinheit EVS und gegebenenfalls einem Ladegerät LGE und einer Datenspeicherkarte SKA.

45 Eine Ansteuerung ANS des Schallgebers SGE sorgt dafür, dass die Magnetspule MAS erregt wird, wodurch der Hammer HAM rasch gegen den Amboss AMB gezogen wird. Dabei gewährleistet der Positionsmelder POM, z.B. die erwähnte Lichtschranke, in Verbindung mit geeigneter Elektronik, dass der Erregungsstrom abgeschaltet wird, kurz bevor der Hammer HAM auf den Amboss AMB auftrifft. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass die in den Baumstamm BAM ein-zuleitenden Schallsignale, genauer gesagt ein einzelner Schallimpuls, auch anders erzeugt werden können, z.B. rein mechanisch durch Spannen des Hammers gegen Federkraft und nachfolgendes Auslösen oder über einen elektronisch angesteuerten, elektromechanischen, piezomechanischen, etc. Schallgeber.

Das Ausgangssignal des Sensor- Vorverstärkers VVS wird zunächst einem Bandpass BPA 55 zugeführt und hier einer Bandbegrenzung zur Vermeidung von Aliasing-Effekten, etc. unterworfen.

Anschließend wird das Signal in einem A/D-Wandler ADW digitalisiert und einem Datenspeicher DAS für die unmittelbar darauffolgende Verarbeitung zugeführt. Diesem Datenspeicher DAS sind auch die in einem weiteren A/D-Wandler ADI digitalisierten Messwerte eines Temperatursensors TES sowie Vorgabewerte einer Eingabeeinheit EGF zugeleitet. Mit Hilfe der Eingabeeinheit EGF kann beispielsweise der Baumdurchmesser, die gewünschte Betriebsart, die Baumtype, z.B. Fichte, Tanne, usw. eingegeben werden. Die Daten des Datenspeichers DAS können optional auch auf ein externes Speichermedium, z.B. die erwähnte Datenspeicherkarte SKA geschrieben werden.

Die Daten aus dem Datenspeicher DAS werden einer Datenverarbeitungseinheit DVE zugeführt, die beispielsweise aus einer FFT-Einheit FFT zur Durchführung einer schnellen Fouriertransformation, einer Fensterungseinheit FEN zur Bildung von Frequenzbändern, einer Bewertungseinheit BEW für die Frequenzbänder und einer Verarbeitungseinheit VAE mit Entscheidungsbaumstruktur besteht. Daran schließt eine Ausgabereinheit AGE mit einer Anzeige ANZ an, wobei gegebenenfalls auch die hier anfallenden Daten in die externe Speicherkarte SKA geschrieben werden können.

Die Auslösung des weiter unten beschriebenen Messvorganges kann mittels eines Startknopfes SKN erfolgen, der eine Ablaufsteuerung ALS aktiviert.

Die Energieversorgungseinheit EVS enthält Batterien BAT, z.B. aufladbare Akkumulatoren und eventuell einen Versorgungsadapter ADA für externe Energiequellen, und sie ist mit einer Spannungsversorgung SVS verbunden, welche die benötigten, zum Teil geregelten Versorgungsspannungen liefert.

Unter Bezugnahme auf Fig. 3 und 4 wird nachstehend das erfindungsgemäße Verfahren anhand möglicher Varianten näher erläutert. Es wird der von dem Sensor SEN aufgefangene Schall hinsichtlich seiner spektralen Amplitudenverteilung so untersucht, dass über ein Frequenzband  $b_1$  um eine erste Frequenz  $f_1$  im hörbaren Bereich eine erste mittlere Amplitude  $A_1$  ermittelt wird. Diese erste Frequenz  $f_1$  liegt bei einer praktischen Ausführungsform bei 250 Hz, die Breite  $b_1$  bei 500 Hz. Weiters wird bei einer zweiten, wesentlich höher gelegenen Frequenz  $f_2$ , z.B. 2750 Hz, eine zweite mittlere Amplitude  $A_2$  über ein Frequenzband  $b_2$ , z.B. einer Breite von 500 Hz, ermittelt. Ebenso wird eine dritte mittlere Amplitude  $A_{LH}$  über den gesamten, im Bereich des hörbaren Schalls liegenden Frequenzband zwischen einer unteren Grenzfrequenz  $f_L$  bzw. einer oberen Grenzfrequenz  $f_H$  ermittelt.  $f_L$  liegt beispielsweise bei 10 Hz,  $f_H$  bei 5000 Hz.

In der Praxis hat es sich weiters als sehr zweckmäßig erwiesen, einen auf den Stammdurchmesser normierten Frequenzmaßstab zu verwenden, was in Fig. 3 der Einfachheit halber nicht dargestellt ist. Die normierte Frequenz ergibt sich bei einer praktischen Variante durch Division der Frequenz [Hz] durch den 5-fachen Baumdurchmesser [m]. Ausgangspunkt für ein solches Normieren ist die Tatsache, dass dickere Baumstämme „tiefer klingen“ als dünnere.

Für die Bearbeitung der ermittelten bzw. eingegebenen Werte - Baumdurchmesser  $D$  - in einem Entscheidungsbaum bedarf es noch der Vergleichswerte, die empirisch ermittelt werden, nämlich  $A_{10}$ ,  $A_{20}$ ,  $A_{LH0}$  für die erste, zweite und dritte mittlere Amplitude und  $D_0$  für den Stammdurchmesser. In Fig. 4 ist ein Entscheidungsbaum gezeigt, der durch Vergleich der Ist-Werte mit den empirischen Vergleichswerten zu einer Aussage  $F = \text{faul}$  oder  $G = \text{gut}$  gelangt.

Die Genauigkeit der Aussagen lässt sich verbessern, wenn man Fuzzy-Grenzen für die Vergleichswerte mit einbezieht. In der nachstehenden schriftlichen Darstellung eines beispielsweise Entscheidungsbaums sind konkrete, in einer praxisbewährten Vorrichtung verwendete Vergleichswerte mit ihren Fuzzy-Grenzen in eckigen Klammern verwendet.

$A_2 > 0.5116$  [0.457943, 0.8122131] : faul

$A_2 \leq 0.5116$  [0.457933, 0.8122131] :

:  $D \leq 0.382$  [0.379993, 0.38554] : gesund

$D > 0.382$  [0.379993, 0.38554] :

:  $A_{LH} \leq 0.6095$  [0.576515, 0.789385] : gesund

$A_{LH} > 0.6095$  [0.576515, 0.789385] :

:  $A_1 \leq 0.8642$  [0.777637, 0.986292] : gesund

$A_1 > 0.8642$  [0.777637, 0.986292] : faul

mit  $A_1 = A_{250}$ ,  $A_2 = A_{2750}$ ,  $A_{LH} = A_{10, 5000}$

Die Fuzzy-Grenzen bedeuten, dass z.B.  $A_{LH}$ -Werte unter 0.576515 eindeutig als „Low“ klassi-

fiziert werden, zwischen 0.576515 und 0.6095 die Werte einen Zugehörigkeitsbereich von 0 bis 50 % zu „High“ bzw. 50 bis 100 % zu „Low“ haben, usf.

Falls man mit einer geringeren Aussagegenauigkeit das Auslangen finden kann, lässt sich der Entscheidungsbaum auch auf die Verwendung von bloß zwei Amplitudenwerten, z.B.  $A_1$ ,  $A_2$  reduzieren.

Die Auswertung kann in einer Vorrichtung erfolgen, wie sie oben beschrieben wurde, wobei für die Fernsteuerung, die Fouriertransformation, die Bewertung der Frequenzbänder und die Verarbeitung über den Entscheidungsbaum ein digitaler Signalprozessor, beispielsweise die Type ADSP 2181 der Fa. Analog Devices, verwendet wird. Es ist aber dem Fachmann klar, dass das Verfahren gemäß der Erfindung auf vielfältige Weise realisiert werden kann. Wiewohl eine weitgehende digitale Verarbeitung zweckmäßig erscheint, ließe sich auch eine weitgehend oder vollständig analoge Realisierung anwenden.

Der praktische Einsatz bei Ausschluss extrem unrunder Baumquerschnitte und unter Vermeidung von Messungen im Wurzelholzbereich hat die Bestimmung rotfauler Fichten mit Genauigkeiten von besser als 4 % ermöglicht.

### PATENTANSPRÜCHE:

1. Verfahren zur Untersuchung eines Baumstammes auf innere Schadstellen, bei welchem an einer Sendestelle mit Hilfe eines Schallgebers im Oberflächenbereich Schallwellen in den Stamm eingeleitet werden, an einer im wesentlichen diametral gegenüberliegenden Empfangsstelle mit Hilfe eines Sensors Schallwellen aufgefangen, die Ausgangssignale des Sensors einer Fouriertransformation unterworfen werden und durch Auswertung des Spektrums Rückschlüsse auf Schadstellen gezogen werden,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
 zumindest zwei mittlere Amplituden ( $A_1$ ,  $A_2$ ) über je ein Frequenzband ( $b_1$ ,  $b_2$ ) ermittelt werden,  
 und eine Entscheidung bezüglich des Vorliegens von Schadstellen unter Verwendung eines Entscheidungsbaumes getroffen wird, in welchem die zumindest zwei mittleren Amplituden mit empirisch ermittelten Vergleichswerten ( $A_{10}$ ,  $A_{20}$ ) verglichen werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine erste mittlere Amplitude ( $A_1$ ) über ein Frequenzband ( $b_1$ ) um eine erste Frequenz ( $f_1$ ), zumindest eine weitere, zweite mittlere Amplitude ( $A_2$ ) über ein Frequenzband ( $b_2$ ) um eine zweite Frequenz ( $f_2$ ), die höher ist als die erste Frequenz ( $f_1$ ), und eine dritte mittlere Amplitude ( $A_{LH}$ ) über den gesamten betrachteten im Bereich hörbaren Schalls liegenden Frequenzbereich ( $f_H - f_L$ ) zwischen einer unteren ( $f_L$ ) und einer oberen ( $f_H$ ) Grenzfrequenz ermittelt und in dem Entscheidungsbaum mit den Vergleichswerten ( $A_{10}$ ,  $A_{20}$ ,  $A_{LH0}$ ) verglichen werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Stammdurchmesser ( $D$ ) ermittelt und in die Entscheidung bezüglich des Vorliegens von Schadstellen durch Vergleich mit einem empirisch ermittelten Vergleichswert ( $D_0$ ) einbezogen wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** es über einem normierten, auf den Stammdurchmesser ( $D$ ) bezogenen Frequenzmaßstab ( $f/D$ ) angewendet wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** mittels des Schallgebers einzelne Schallimpulse erzeugt werden.
6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** im wesentlichen Nadelimpulse erzeugt werden.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Amplitude der Schallwellen im Geberbereich gemessen, und die Amplituden der von dem Sensor aufgefangenen Schallwellen auf die im Geberbereich gemessene Amplitude normiert werden.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schallimpulse durch Schläge eines Geberhammers auf ein mit dem Baum in Berührung stehendes Ambossstück erzeugt werden.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Frequenz ( $f_1$ ) zwischen 100 und 400 Hz, die zweite Frequenz ( $f_2$ ) zwischen 2000 und 3500 Hz, die untere Grenzfrequenz ( $f_L$ ) über 100 Hz und die obere Grenzfrequenz ( $f_H$ ) unter 7500 Hz liegt.
- 5 10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vergleiche im Entscheidungsbaum unter Einbeziehung der Fuzzy-Logik durchgeführt werden, wobei den empirisch ermittelten Vergleichswerten ( $A_{10}$ ,  $A_{20}$ ,  $A_{LH0}$ ,  $D_0$ ) obere und untere Fuzzy-Grenzen zugeordnet werden.
- 10 11. Vorrichtung zu Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 10, mit einem Schallgeber (SGE) zur Einleitung von Schallwellen in den Baumstamm (BAM), einem im wesentlichen dem Schallgeber diametral am Baumstamm gegenüberliegend anordenbaren Sensor (SEN) zum Auffangen von den Baumstamm durchsetzenden Schallwellen und einer Auswerte- und Anzeigeelektronik (AAE), welcher die Ausgangssignale des Sensors zugeführt sind,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
 der Ausgang des Sensors (SEN) über einen Bandpass (BPA) einem Analog/Digital-Wandler (ADW) zugeführt ist, dem ein Datenspeicher (DAS) nachgeordnet ist, der Ausgang dieses Datenspeichers einer Datenverarbeitungseinheit (DVE) zugeführt und dieser eine Ausgabereinheit (AGE) nachgeordnet ist, wobei die Datenverarbeitungseinheit, eine FFT-Einheit (FFT), eine Fensterungseinheit (FEN) zur Bildung der Frequenzbänder, eine Bewertungseinheit (BEW) für die Frequenzbänder sowie eine Verarbeitungseinheit (VAE) mit Entscheidungsbaumstruktur enthält.
- 15 12. Vorrichtung nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Eingabeeinheit (EGF) vorgesehen ist, über welche der aktuelle Stammdurchmesser an den Datenspeicher (DAS) eingebbar ist.
- 20 13. Vorrichtung nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verarbeitungseinheit (VAE) für Vergleiche im Entscheidungsbaum unter Einbeziehung der Fuzzy-Logik eingerichtet ist, wobei den Vergleichswerten obere und untere Fuzzy-Grenzen zugeordnet sind.
- 25 14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schallgeber (SGE) einen Steckspieß (SSP) aufweist, dessen Spießende in den Baumstamm (BAM) einführbar ist und dessen anderes Ende als Amboss (AMB) für einen Hammer (HAM) dient.
- 30 15. Vorrichtung nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Hammer (HAM) als einer Magnetspule (MAS) zugeordneter Anker ausgebildet ist, der bei Erregung der Spule gegen die Kraft einer Rückzugfeder (RZF) gegen den Amboss (AMB) des Steckspießes (SSP) ziehbar ist.
- 35 16. Vorrichtung nach Anspruch 14 oder 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Lageerfassung des Hammers (HAM) ein Positionsmelder (POM) vorgesehen ist.
- 40 17. Vorrichtung nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Positionsmelder (POM) als Lichtschranke ausgebildet ist.
- 45 18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Temperatursensor (TES) für die Umgebungs/Baumstammtemperatur vorgesehen ist, welcher mit der Auswerte- und Anzeigeelektronik (AAE) verbunden ist, wobei eine Fehlermeldung bei Unterschreiten einer vorgebbaren Mindesttemperatur vorgesehen ist.

HIEZU 3 BLATT ZEICHNUNGEN

50

55

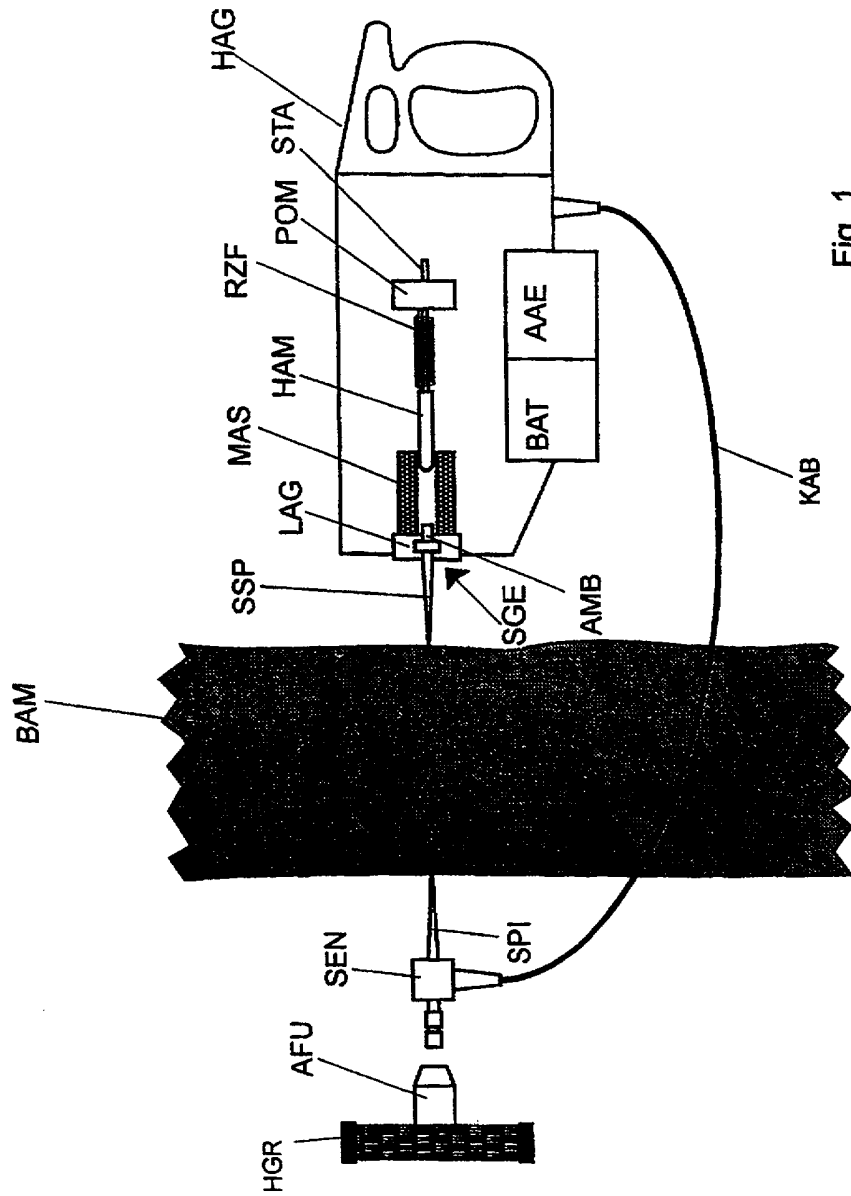


Fig. 1

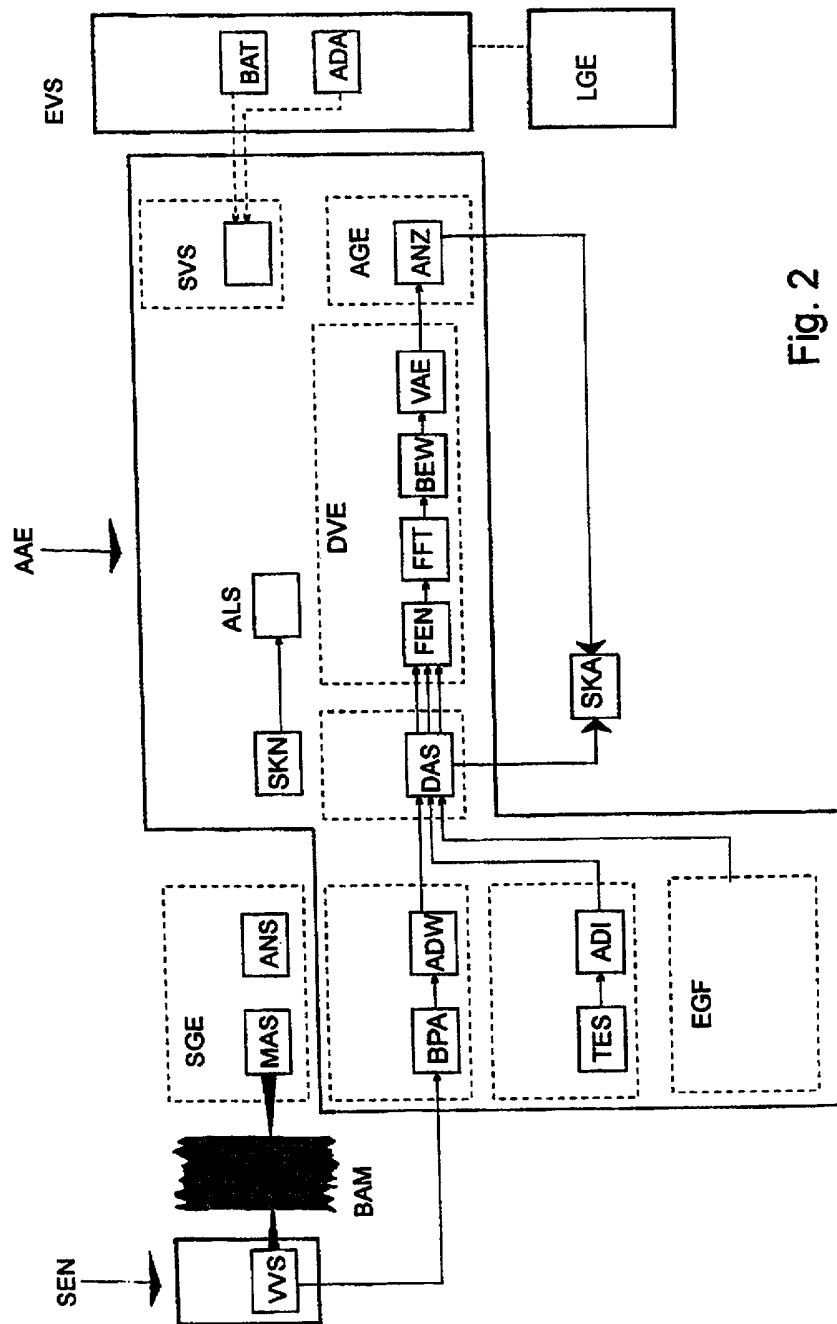


Fig. 2

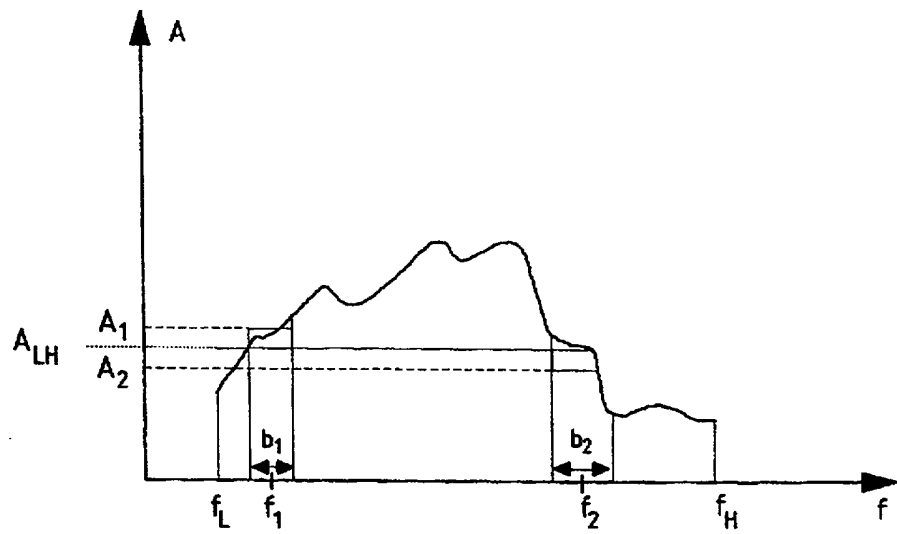


Fig. 3

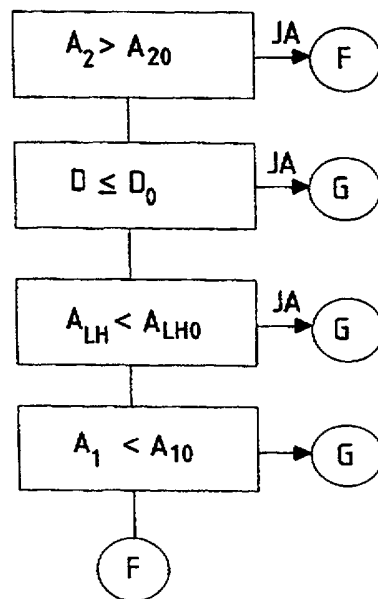


Fig. 4